

瓷砖装箱机充填装置设计

曹梅丽¹, 张国全¹, 刁建斌²

(1. 武汉轻工大学, 武汉 430023; 2. 广东振声科技股份有限公司, 梅州 514790)

摘要: **目的** 为提高瓷砖包装自动化程度,对瓷砖自动包装生产线的核心机构——充填装置的结构参数进行优化设计。**方法** 以包装效率为目标,在MATLAB平台上建立瓷砖在皮带上输送时间 t 的目标函数,对瓷砖充填装置的皮带输送距离进行优化设计。**结果** 根据优化结果,得到了皮带输送瓷砖的距离 x_1 为972 mm,完成了装置的三维实现图。**结论** 该装置很好地满足了实际要求,提高了自动化效率;目标函数也适合于包装机械中对加速度有要求的各种装置运动行程的求解。

关键词: 瓷砖; 充填装置; 优化设计; 包装效率

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2014)13-0093-03

Optimized Design for the Filling Equipment of Ceramic Tile Packing Machine

CAO Mei-li¹, ZHANG Guo-quan¹, DIAO Jian-bin²

(1. Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China;

2. Guangdong Vibration Acoustic Technology Co., Ltd., Meizhou 514790, China)

ABSTRACT: Objective To increase the automaticity of the ceramic tile packing machine, the structure parameters of the filling equipment were optimized. **Methods** The packaging efficiency was set as the goal, and an objective function of the ceramic tile transportation time t was established based on MATLAB, to realize the optimal design of the conveying distance of ceramic tile. **Results** According to the optimization result, the conveying distance was obtained ($x_1=972$ mm), and a three-dimensional drawing was achieved. **Conclusion** The design of filling equipment could meet actual requirements and improve the automaticity. The objective function was also suitable for solving the moving track of equipments among packing machines with requirements of acceleration.

KEY WORDS: ceramic tile; filling equipment; optimal design; packaging efficiency

在我国,陶瓷行业属资源密集型和劳动密集型行业,资金不足、技术不高是陶瓷业发展面临的最大问题^[1]。占部分比例的瓷砖生产企业其包装工序仍处于人工包装状态,劳动强度非常大。中国的瓷砖包装机械起步较晚,虽然目前市场上已出现了一些陶瓷包装机、包装线,但从整个行业来讲,自动化程度不够^[2]。国内学者对于瓷砖自动包装作了较多研究^[3-9],对瓷砖行业的发展起了较大的推动作用。

1 瓷砖充填工序及其要求

瓷砖自动包装线的包装工序一般为:翻砖、旋转、放包角、裹包、供箱坯、充填、折纸箱、捆扎、旋转、再捆

扎、码垛^[10]。按照被操作对象可以模块化为砖处理模块、箱砖结合处理模块和箱处理模块。其中,箱砖结合处理模块(即瓷砖装箱机充填装置)是整个瓷砖自动包装线的核心,影响着瓷砖自动包装线的包装效率与包装质量。瓷砖的充填过程见图1。在整个充填过程中应满足如下要求。

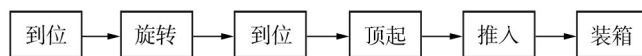


图1 瓷砖充填装箱工序

Fig.1 Filling process of ceramic tile

- 1) 瓷砖与输送皮带之间无相对运动。
- 2) 克服瓷砖输送的启动和制动惯性,避免瓷砖受

收稿日期: 2014-04-08

作者简介: 曹梅丽(1980—),女,湖北荆州人,硕士,武汉轻工大学讲师,主要研究方向为包装机械及包装动力学。

到冲击。

3) 推入装箱时应无冲击,避免瓷砖的损坏。

4) 瓷砖定位准确,方便推入装箱。

2 方案设计

瓷砖垛的尺寸为 $300\text{ mm} \times 450\text{ mm} \times 108\text{ mm}$,在满足前述技术要求的情况下,对充填装置进行方案设计,见图2。

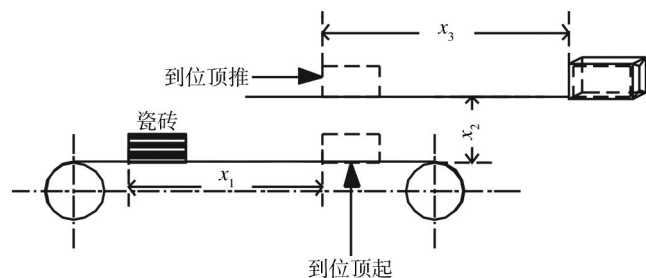


图2 瓷砖充填方案

Fig.2 Project design of tile filling

1) 分离皮带。瓷砖的两侧置于分离但同步的两条皮带上,中间悬空,便于瓷砖到位后从下方被顶起旋转,以及到位后被顶起推入箱内。分离皮带可以实现顶起装置、旋转装置与输送装置的并联布置,结构紧凑,同时避免了串联布局中瓷砖在转移过程中的冲击与损坏。

2) 齿轮齿条输送装置。入箱推送装置由电机带动齿轮齿条传动配合气缸推送。因瓷砖生产线粉尘多,齿轮齿条传动采用齿条上置但齿向朝下的方式,避免了齿谷被粉尘堵塞。

3) 滑道。因为齿轮齿条上置,横梁两端在下方采用轨道进行导向和支撑,一端用平面导轨,一边采用V形凹槽导轨,避免了都为V形凹槽导轨时因加工、安装导致的平行度误差出现运动干涉,也避免了都为平面导轨出现跑偏现象。

4) 假箱。瓷砖入箱前,姿态不规范,不好入箱,采用喇叭口的假箱,以便瓷砖在入箱之前在假箱里调整至对中状态,再顺利推入纸箱。

3 参数优化

3.1 参数关系

上述设计方案在实现过程中需确定以下参数。

1) 结构参数。见图2,瓷砖从旋转工位到达顶起工位的运动距离 x_1 ; 瓷砖垛的高度 H ; 顶起气缸的行程(瓷砖被顶起的高度) x_2 , $x_2 = H + \Delta H$; 瓷砖入箱推送气缸行程 x_3 (瓷砖被顶起后推入装箱的运动距离)。

2) 力学参数。 $F = G\mu + \Delta F$ 。其中: F 为摩擦力, G 为瓷砖垛的重力, μ 为瓷砖垛与皮带的摩擦系数, ΔF 为摩擦力余量。要求皮带运输时摩擦力足够大,避免瓷砖和皮带之间的相对运动。

3) 运动参数。瓷砖在皮带上运动时,为避免冲击,要求启动时作半正弦加速运动,中间过程作匀速运动,停止阶段作半正弦减速运动^[11-12],其加速度变化曲线见图3。图3中 a 为瓷砖在皮带上的加速度, t_1 为瓷砖加速运动和减速运动时间, t_2 为瓷砖匀速运动时间,加速度单位为 m/s^2 ,时间单位为 s 。

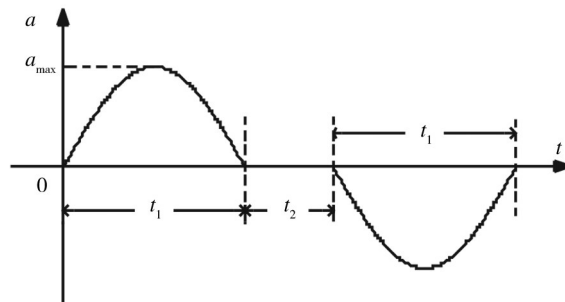


图3 皮带输送全程加速度变化曲线

Fig.3 Changes in acceleration along the conveying belt

3.2 优化设计

在图2中, x_2 可以根据瓷砖垛的高度和余量确定, $x_2 = 110\text{ mm}$; 瓷砖垛在入箱前要先被推进假箱, x_3 是2个瓷砖尺寸加一定的余量, $x_3 = 710\text{ mm}$ 。 x_1 为待定参数,仅对 x_1 优化分析求其近似解; 在图3中, t_1 对应的距离为 L_1 , t_2 对应的距离为 L_2 。

优化设计在机械领域有很多应用^[13-15],笔者用参数优化方法对 x_1 进行计算,以输送时间 t 为目标函数, t 越小输送时间越短,包装效率越高。

$$\min t(x) = t(x_1) = 2t_1 + t_2 = \frac{\pi v_{\max}}{a_{\max}} + \frac{2t_1}{\pi} \int_0^{t_1} a_{\max} \sin \omega t \cdot t dt$$

$$v_{\max}$$

使得: $t_1 \leq 1.5\text{ s}$

$t_2 \leq 0.8\text{ s}$

$$a_{\max} \leq 5 \text{ m/s}^2$$

$$v_{\max} \leq 8 \text{ m/s}$$

$$x_1 \leq 1000 \text{ mm}$$

求解得: $x_1 = 972 \text{ mm}$ 。

4 系统实现

通过上述方案设计和参数优化,充填装置实现的三维结构见图4,可达到20箱/min的包装速度。



图4 瓷砖充填装置三维结构

Fig.4 3D model of the tile filling machine

5 结语

针对国内瓷砖行业包装自动化程度不高的现状,对瓷砖自动包装线的砖箱结合模块,即瓷砖充填装置进行优化设计,以瓷砖充填过程的输送时间建立目标函数进行优化计算,确定了结构参数,完成了系统的结构设计,设计结果可以满足可靠和高效的包装要求。

参考文献:

- [1] 尹虹. 目前瓷砖产业发展分析[J]. 陶瓷科学与技术, 2009(4): 39—44.
YIN Hong. Development Analysis of Current Ceramics Industry[J]. Ceramics Science & Art, 2009(4): 39—44.
- [2] 胡兴军. 我国包装机械行业存在的主要问题[J]. 中国包装, 2008(2): 69—70.
HU Xing-jun. The Main Problems of Packaging Machinery Industry in Our Country[J]. China Packaging, 2008(2): 69—70.
- [3] 秦磊. 面向陶瓷行业的高速自动包装码垛生产线[J]. 自动化信息工程, 2010(4): 11—15.
QIN Lei. High Speed Automatic Packaging Stacking Line for Ceramic Industry[J]. Automation & Information Engineering, 2010(4): 11—15.
- [4] 郑杰, 袁清珂, 李俊清, 等. 砖自动包装线包角机的 CAD/CAE 设计研究[J]. 机电工程技术, 2012, 41(9): 58—59, 92.
ZHENG Jie, YUAN Qing-ke, LI Jun-qing, et al. The CAD/CAE Design of Packaging Corner Mechanism of Automatic[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2012, 41(9): 58—59, 92.
- [5] 陈勇亮, 张国全. 全自动瓷砖包装机翻砖机理研究[J]. 包装学报, 2009(1): 31—33.
CHEN Yong-liang, ZHANG Guo-quan. Research on Overturning Tile Mechanism of Automatic Tile Packing Machine[J]. Packing Journal, 2009(1): 31—33.
- [6] 宋少云, 尹芳, 张国全. 超薄型瓷片包装线对齐机构的仿真[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 95—97.
SONG Shao-yun, YIN Fang, ZHANG Guo-quan. Simulation of Aligning Mechanism of Ultrathin Ceramic Packaging Line[J]. Packing J Engineering, 2012, 33(13): 95—97.
- [7] 李爱华, 张国全, 房宏伟. 瓷片组四角防护装置的工作原理和结构优化[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 81—83.
LI Ai-hua, ZHANG Guo-quan, FANG Hong-wei. Working Principle and Structure Optimization of Four Corners Protection Device for Ceramic Group[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 81—83.
- [8] 王北海. 瓷砖包装线自动翻砖机构设计[J]. 包装工程, 2009, 30(20): 31—33.
WANG Bei-hai. Development of Ceramic Tile Auto-turning Machine[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(20): 31—33.
- [9] 李俊清, 袁清珂, 郑杰, 等. 瓷砖自动包装线上砖机构及虚拟样机研究[J]. 机电工程技术, 2012, 41(4): 30—34.
LI Jun-qing, YUAN Qing-he, ZHENG Jie, et al. The Loading Mechanism of Automatic Ceramic Tile Packaging Line and Its Virtual Prototype[J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2012, 41(4): 30—34.
- [10] 陈永亮, 吴起仁. 瓷砖包装生产线布局研究[J]. 企业管理, 2011: 69—70. (余不详)
CHEN Yong-liang, WU Qi-ren. Research on Layout of Ceramic Tile Packaging Production[J]. Business Management, 2011: 69—70. (余不详)
- [11] 刘红俐, 朱其新. 伺服系统中正弦加速度运动轨迹命令的设计[J]. 华北电力大学学报, 2008, 135(15): 47—49.
LIU Hong-li, ZHU Qi-xin. The Design of Sinusoid Acceleration Motion Profile in Servo Systems[J]. Journal of North China Electric Power University, 2008, 135(15): 47—49.

(下转第154页)

- Systems[J]. Chemical Reviews, 2007, 107: 1117—1160.
- [2] BOEUF J. Plasma Display Panels: Physics, Recent Developments and Key Issues[J]. Journal of Physics D: Applied Physics, 2003, 36: 53.
- [3] LEE T M, NOH J H, KIM C H, et al. Development of a Gravure Offset Printing System for the Printing Electrodes of Flat Panel Display[J]. Thin Solid Films, 2010, 518 (12): 3355—3359.
- [4] JUNG M, KIM J, NOH J, et al. All-Printed and Roll to Roll Printable 13. 56 MHz Operated 1 Bit RF Tag on Plastic Foils [J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2010, 57 (3): 571—580.
- [5] ALSAID D A, REBROSOVA E, JOYCE M. Gravure Printing of ITO Transparent Electrodes for Applications in Flexible Electronics[J]. Display Technology, 2012, 8(7): 391—396.
- [6] 沈丽燕, 钱军浩. 基于喷墨印刷的RFID标签天线性价比优化方法研究[J]. 包装工程, 2012, 33(15): 121—124.
- SHEN Li-yan, QIAN Jun-hao. Cost-effective Optimization of RFID Tag Antenna by Ink-jet Printing[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 121—124.
- [7] 陈剑锋, 唐正宁, 李俊峰. 喷墨印刷纸上液滴的铺展机制研究[J]. 包装工程, 2012, 33(23): 129—132.
- CHEN Jian-feng, TANG Zheng-ning, LI Jun-feng. On Drop-let Spreading Mechanism on Ink-jet Paper[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(23): 129—132
- [8] 李俊峰, 唐正宁, 黄蜜. 丝网印刷中油墨流变分裂转移理论的修正[J]. 包装工程, 2011, 32(9): 94—97.
- LI Jun-feng, TANG Zheng-ning, HUANG Mi. Modification of Ink Rheology Splitting Transfer Theory in Screen Printing[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 94—97
- [9] LANTTO V. Gravure Offset Printing[M]. Oulu: Oulu University Press, 2008.
- [10] 刘筱霞, 陈春霞. 现代电子标签及其印刷技术[J]. 包装工程, 2008, 29(5): 190—192.
- LIU Xiao-xia, CHEN Chun-xia. Modern Radio Frequency Identification and Its Printing Technology[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(5): 190—192.
- [11] 夏雪, 唐正宁. 凹版胶印油墨传递过程对印品质量的影响[J]. 包装工程, 2009, 30(2): 82—84.
- XIA Xue, TANG Zheng-ning. Influence of Ink Transfer Process of Gravure Offset Printing on Print Quality[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 82—84.
- [12] 王奇, 唐正宁, 刘孟才. 凹版胶印中印刷夹角对油墨转移的影响[J]. 包装工程, 2012, 33(13): 14—17.
- WANG QI, TANG Zheng-ning, LIU Meng-cai. Influence of Printing Angle on Ink Transfer in Gravure-offset Printing[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(13): 14—17.
- [13] PUDAS M. Gravure-Offset Printing the Manufacture of Ultra Fine Line Thick-Films for Electronics[D]. Oulu: Oulu University, 2004.
- [14] CHOI N, WEE H, NAM S. A Modified Offset Roll Printing for Thin Film Transistor Applications[J]. Microelectronic Engineering, 2012, 91: 93—97.
- [15] ALEJANDRO. Roll Printed Electronics: Development and Scaling of Gravure Printing Techniques[D]. Berkeley: University of California, 2009.

(上接第95页)

- [12] WATANABE K, DOOLEY R B. Supplementary Release on Backward Equations for Region 3[C]// The International Association for the Properties of Water and Steam, Kyoto, Japan, 2004: 1—34.
- [13] 孟丹, 高军. 机械设计参数优化[J]. 天津商学院学报, 2007, 27(3): 41—44.
- MENG Dan, GAO Jun. Mechanical Design of Parameter Optimization[J]. Journal of Tianjin University of Commerce, 2007, 27(3): 41—44.
- [14] JAMES M L, JOS J G, JOHN E P. Parameter Optimization[M]. Springer New York, 2014.
- [15] WANG Zheng-jia, WANG Yu-hui, YIN Zhou-ping. A Multi-physics Simulation Based Parameters Optimization for Anisotropic Conductive Adhesive Interconnection in Electronic Packaging[C]// Intelligent Robotics and Applications, 2008: 896—905.