

袋式包装动态吸附传送特性的研究

陆佳平^{1,2}, 张肖庆¹, 张竹青¹

(1. 江南大学, 无锡 214122; 2. 江苏省食品先进制造装备技术重点实验室, 无锡 214122)

摘要: **目的** 基于真空系统理论研究设计一种袋式包装真空吸附传送装置。 **方法** 通过建立输送带透气面积和关键结构参数之间的数学模型, 探讨装置参数化的设计, 并建立动态吸附传送的力学模型, 确定其影响因素。 **结果** 带速和真空度是动态吸附输送特性的主要影响因素, 且真空孔间距 d 相等时, 随着真空孔半径 r 减小, 真空度越容易形成, 但真空吸附力也随之变小, 不利于吸附输送和开袋。当真空孔半径 r 相等时, 适当减小间距 d 有利于增加真空吸附力。 **结论** 采用合理的真空吸附技术参数供送塑料包装袋有其必要性。

关键词: 包装袋; 吸附传送; 参数设计; 力学模型; 真空技术

中图分类号: TB486+.03 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)09-0086-04

Dynamic Adsorption Conveying Properties of Bag-package

LU Jia-ping^{1,2}, ZHANG Xiao-qing¹, ZHANG Zhu-qing¹

(1. Jiangnan University, Wuxi 214122, China;

2. Jiangsu Key Laboratory of Advanced Food Manufacturing Equipment and Technology, Wuxi 214122, China)

ABSTRACT: Based on the theory of vacuum system, a vacuum adsorption conveyor of bag-package was designed. The mathematical model between the reasonable area and the key structural parameters was established to study the parameterized design of the device. The mechanical model about dynamical absorption transmission device was established and its influencing factors were determined. The results showed that the belt speed and vacuum degree were the main influencing factors for the dynamic adsorption conveying characteristics. At a constant vacuum hole spacing d , as the vacuum hole radius r reduced, the vacuum degree was easier to form, but the vacuum adsorption force became small, which was not conducive to the adsorption conveying and bag opening. At a constant vacuum hole radius r , a properly reduced spacing d was beneficial to increase the vacuum adsorption force. In conclusion, the use of reasonable technical parameters of vacuum adsorption conveying for plastic bags had its necessity.

KEY WORDS: packaging bag; adsorption conveying; parameter design; mechanical model; vacuum technology

真空吸附装置是一种依靠真空源产生的吸力将物体吸附、提起或夹持的机械装置, 主要特点表现为动作迅速且操作简单, 在现代自动化机械中的应用越来越广泛^[1-2]。在袋式包装的传送过程中, 由于袋式包装质轻, 所以包装袋易发生平动、漂移、翘边、折边等现象, 不利于包装袋的顺利传送、开袋充填及其他相关包装工序的实现^[3-5]。由此, 针对袋式包装的传送, 需要设计一套真空吸附传送装置, 在输送带上对包装袋下部施以吸附力, 以顺利实现袋式包装的

传送及相关包装工序, 并对包装袋吸附传送的特性进行研究。

1 结构模型与工作原理

物件在输送带上动态传送, 其固有状态和稳定性取决于诸多因素, 其中空气升力的作用是物件产生移位条件。空气升力是物体和空气存在相对运动时产生的垂直于运动方向的力, 升力与运动方向垂直,

收稿日期: 2014-10-14

作者简介: 陆佳平(1964—), 男, 江苏太仓人, 硕士, 江南大学副教授, 主要研究方向为包装技术与包装机械。

就可以看成一种不对称力,这种不对称力的产生显然需要几何不对称或者相对运动不对称才能产生,传送过程中理论上并不存在几何不对称或运动不对称,因此传送过程理想状态下不会产生升力^[6]。对于塑料包装袋的动态传送,考虑其特殊的轻质和薄型,气力的影响极其敏感,实际传送过程中空气升力有产生的条件,从而使包装袋发生翘边或漂移而失去状态。由此,采用真空吸附的动态传送技术有其必要性。

基于真空吸附传送基本原理^[7],包装袋真空吸附传送装置见图1。主要包括包装袋、输送带、输送板、真空盒和真空发生器,其中输送带上开有真空孔,在真空孔对应的输送板位置开有条形槽,条形槽相应大小的真空盒与输送板对应位置连接。当包装袋覆盖于输送带上时,包装袋、输送带、输送板和真空盒之间形成了相对闭合空间,即真空吸附腔。由于输送板上开有条形槽,故输送带与输送板之间的相对透过面积即为输送带上的真空孔的面积,而真空盒为封闭,故相当于形成了一个上部开有小孔的真空吸附腔,当包装袋覆盖在输送带上时,吸附腔的密闭性增加^[8-9]。

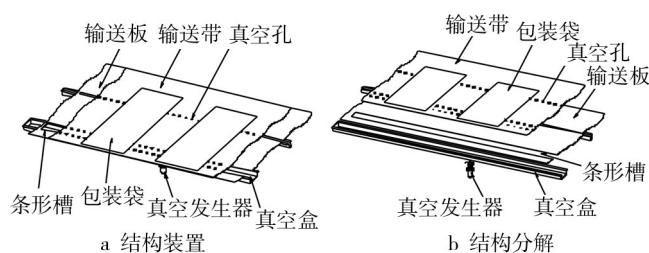


图1 真空吸附传送装置结构

Fig.1 The device of vacuum adsorption conveying

真空吸附传送装置的工作原理:真空发生器从形成的真空吸附腔内吸出一定量的空气,使闭合空间形成一定的真空,从而使得吸附腔的压力与外界大气压之间形成压力差,该负压产生的吸力通过输送带上的真空孔将包装袋吸住,通过输送带的运动带动包装袋向前传送并完成其他包装工序^[10]。

2 主要结构参数设计

包装袋真空吸附传送装置参数设计见图2。设包装袋的尺寸为 $W \times L$,输送带上开有3行 n 列真空孔,其中1行位于袋底处,2行集中位于袋口处,设真空孔的大小相同,半径为 r ,列距为 d ,第1行与第2行的距离为 h_1 ,第2行与第3行的距离为 h_2 ,见图2a;输送带上开有条形槽,分别为第1条形槽 w_1 与第2条形槽 w_2 ,见图2b,与输送带上的第1行真空孔位置及第2和第3行真

空孔位置相对应,长度相当于真空盒的长度,设为 $L_{\text{总}}$ 。

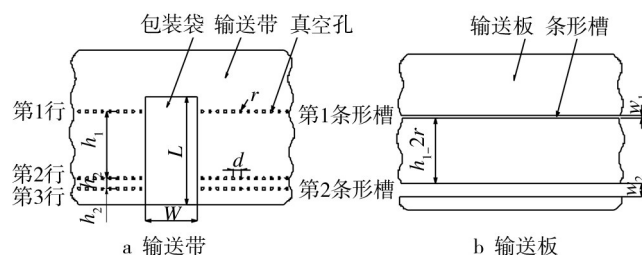


图2 真空吸附传送装置参数设计

Fig.2 Parameter design of vacuum adsorption conveying device

由图2可知,装置参数设计应满足以下约束条件:
 $h_1 + h_2 < L$, $d > 2r$, $w_1 \geq 2r$ 和 $w_2 \geq 2r + h_2$ 。

真空孔与包装袋的覆盖关系见图3。2个真空盒分别在输送板上的条形槽对应位置安装,从而形成2个独立的吸附腔,分别为第1吸附腔和第2吸附腔,见图3,真空发生器分别对第1吸附腔和第2吸附腔抽气形成负压,从而吸附包装袋。在整个装袋路线上,包装袋覆盖在输送带上,输送带上的真空孔与包装袋有3种位置关系:完全覆盖型(袋边缘刚好覆盖区内真空孔)、部分覆盖型(袋边缘远离覆盖区内真空孔)和完全通透型^[11]。

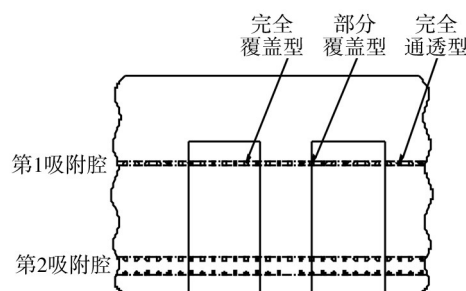


图3 真空孔与包装袋的覆盖关系

Fig.3 Covering relationship between vacuum hole and package bag

输送板上的条形槽与输送带上的真空孔在空间位置上为包含关系,故两者间的透过面积为吸附腔内真空孔的面积,以第1吸附腔为例,其内的真空孔个数为 n ,则有约束条件 $2r + (n-1)d \leq L_{\text{总}}$ 和 $2r + d \geq L_{\text{总}}$,得到 n 的整数解为:

$$\frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} \leq n \leq \frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} + 1 \quad (\text{其中 } n \in \mathbb{N}) \quad (1)$$

简单表达方式为:

$$n_{\max} = \left\lceil \frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} + 1 \right\rceil, n_{\min} = \left\lfloor \frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} \right\rfloor \quad (2)$$

由此建立一种真空盒内有效真空孔最多,而每个包装袋内有效真空孔最少的极限状态,此时有:

$$n_{\max} = \left[\frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} + 1 \right], n_{\min} = \left[\frac{W - 2r}{d} \right] \quad (3)$$

故真空盒内有效真空孔的个数最少,即覆盖面积最小,为:

$$n_{\min}^{\text{有效}} = 6 \left[\frac{W - 2r}{d} \right], S_{\min}^{\text{覆盖}} = 6\pi r^2 \left[\frac{W - 2r}{d} \right] \quad (4)$$

而真空盒内无效真空孔的个数最多,即通透面积最大,为:

$$n_{\max}^{\text{无效}} = \left[\frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} + 1 \right] - \left[\frac{W - 2r}{d} \right],$$

$$S_{\max}^{\text{通透}} = \pi r^2 \left(\left[\frac{L_{\text{总}} - 2r}{d} + 1 \right] - \left[\frac{W - 2r}{d} \right] \right) \quad (5)$$

其中

$$\eta = \frac{S_{\min}^{\text{覆盖}}}{S_{\max}^{\text{通透}}} = \frac{n_{\min}^{\text{有效}}}{n_{\max}^{\text{无效}}} \quad (6)$$

由以上可得当真空孔间距 d 相等时,真空孔半径 r 越小,真空盒内有效真空孔个数越多,覆盖面积与通透面积的比值 η 越大,越有利于真空盒内真空度的形成。随着半径 r 的减小,真空覆盖面积也会越小,当 r 过小时,覆盖面积过小,会引起对包装袋的真空吸附力过小,不利于吸附输送和开袋;当真空孔半径 r 相等时,真空孔间距 d 越小,真空盒内有效真空孔个数越多,真空覆盖面积越大,但覆盖面积与通透面积的比值 η 变化不大,故半径相同时适当减小间距 d 有利于增加真空吸附力,但 d 过小会大大减低输送带的强度。在具体参数设计实例中,要充分考虑诸因素之间的关系,以求得满足工艺要求的最优组合解。

3 基本力学模型与分析

吸附传送过程中,包装袋的受力与包装袋质量、包装袋与输送带之间的摩擦因数、气腔负压、输送带速度等因素有关。包装袋质量及包装袋与输送带之间的摩擦因数是定值,气腔负压即是气腔内的真空度,而真空度与输送带上真空透气孔的结构和参数相关,故可以认为带速和真空度为动态吸附输送特性的主要影响因素^[12]。

以吸附输送带上的包装袋为研究对象并建立受力模型^[13],见图4。设包装袋质量为 m ,纵向长度为 L ,横向长度为 W ,包装袋与输送带之间的摩擦因数为 μ ,输送带速度为 v 。

如图4所示,包装袋的重力为 G ,输送带对包装袋的正压力为 N ,真空发生器对包装袋的吸附力为 F ,包装袋受到的摩擦力为 f 。在包装袋输送过程中,要求

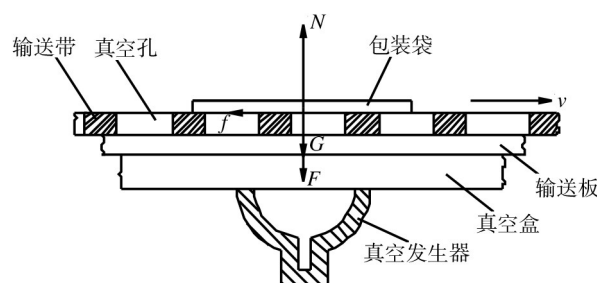


图4 包装袋力学分析模型

Fig.4 The mechanical analysis model of package bag

包装袋与输送带之间无相对滑动,为此包装袋受力必须达到平衡。

在垂直于输送带的方向,包装袋受到的合力为0,即:

$$G + F - N = 0 \quad (7)$$

在平行于输送带的方向,包装袋受到的力:

$$f = ma \quad (8)$$

式中: a 为包装袋的瞬时加速度。

由式(7)和式(8)可得:

$$F = m \left(\frac{a}{\mu} - g \right) \quad (9)$$

其中真空发生器对包装袋的吸附力 $F = (p_0 - p_c)A_i$,其中 p_0 为标准大气压, p_c 为吸附腔内气体的压强, A_i 为吸附面积,由式(9)得:

$$p_c = p_0 - \frac{m}{A_i} \left(\frac{a}{\mu} - g \right) \quad (10)$$

式(10)反映了吸附腔内的气体压强 p_c 与包装袋质量 m 、吸附面积 A_i 、摩擦因数 μ 、包装袋加速度 a 之间的关系,其中吸附面积 A_i 即为透过面积 S ,即吸附传送特性与装置参数的设计息息相关^[14-15]。

4 结语

针对包装袋的吸附传送要求,通过设计一种袋式包装真空吸附传送装置,研究分析了真空孔大小、间距及排布等的结构与参数的关系,建立了输送带透气面积和关键结构参数之间的数学模型,并对系统装置进行参数化设计。进一步分析并建立了动态吸附传送的力学模型,确定其相关影响因素。通过吸附传送特性的研究分析,技术上实现袋式包装的动态传送可靠性,并对系统装置设计提供良好的技术支撑。

参考文献

- [1] 周方. 真空吸附及其在包装机上的应用[J]. 包装工程,

- 1994, 15(1):43—45.
- ZHOU Fang. Vacuum Adsorption and Its Application in the Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 1994, 15(1): 43—45.
- [2] 刘黎阳,李超. 真空发生器在自动化设备上的应用[J]. 机械工程师, 2009(1):142—143.
- LIU Li-yang, LI Chao. Application of Vacuum Ejector in Automatic Equipment[J]. Mechanical Engineer, 2009(1): 142—143.
- [3] 倪云. 国内给袋式包装机现状[N]. 中国包装报, 2011-02-15(2).
- NI Yun. Present Situation of Bag Packing Machine[N]. China Packaging News, 2011-02-15(2).
- [4] BARYSHEV I N, EGOROV I A. Bagging and Packaging Machines[J]. Chemical and Petroleum Engineering, 1996, 32(5): 427—430.
- [5] 杨传民,汪浩,刘铭宇,等. 给袋式包装机撑袋空间组合机构的运动分析[J]. 包装工程, 2014, 35(5):35—40.
- YANG Chuan-min, WANG Hao, LIU Ming-yu, et al. Kinematic Analysis of Spatial Combined Mechanism for Bag Opening in Automatic Bag Packaging Machine[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(5):35—40.
- [6] 吴子牛. 空气动力学[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
- WU Zi-niu. Aerodynamic[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.
- [7] 克里斯蒂安·希布. 抽吸输送装置:中国, CN 1163228A[P]. 1997-10-29.
- CHRISTIAN Shib. Suction Conveyor: China, CN 1163228A [P]. 1997-10-29.
- [8] ZHANG Y P, LI S S, WANG M X. Main Vacuum Technical Issues of Evacuated Tube Transportation[J]. Physics Procedia, 2012, 32:743—747.
- [9] ZHANG Y P, DARYL O, MASAYUKI K, et al. Key Vacuum Technology Issues to be Solved in Evacuated Tube Transportation[J]. Journal of Modern Transportation, 2011, 19(2): 110—113.
- [10] 张以忱. 真空系统设计[M]. 北京:冶金工业出版社, 2013.
- ZHANG Yi-chen. The Vacuum System Design[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2013.
- [11] 蒋扬峰. Sydney餐巾纸折叠机的研发[D]. 杭州:浙江大学, 2012.
- JIANG Yang-feng. Research and Development for Sydney Napkin Folding Machine[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2012.
- [12] 韩丽娜. 真空带输纸装置的性能研究及参数化设计[D]. 西安:西安理工大学, 2008.
- HAN Li-na. Properties Research and Parametric Design of Vacuum Belt Paper-conveying Device[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2008.
- [13] 李廷. 多层皮革/布料数控裁剪机真空吸附系统研究[D]. 杭州:浙江工业大学, 2011.
- LI Ting. Research on Vacuum Adsorption System of Cutting Machine for Multi-layered Cotton Material/Leather Material [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2011.
- [14] 王仪明,赵吉斌,张选生. 印刷机真空输纸技术研究[J]. 中国机械工程, 2005, 16(5):381—384.
- WANG Yi-ming, ZHAO Ji-bin, ZHANG Xuan-sheng. Research on Suction-tape Feeding Technology of the Press[J]. China Mechanical Engineering, 2005, 16(5):381—384.
- [15] 赵吉斌,王仪明,张选生. 印刷机真空输纸装置的输纸特性实验研究[J]. 机械科学与技术, 2005, 24(6):666—669.
- ZHAO Ji-bin, WANG Yi-ming, ZHANG Xuan-sheng. Experimental Research on Paper-conveying Feature for the Suction-tape Feed Table of Press[J]. Mechanical Science and Technology, 2005, 24(6):666—669.



欢迎订阅

欢迎投稿