

基于仿真的 PET 带锥面组合输送轮的设计与优化

刘涛¹, 葛乐通¹, 石浦¹, 孙俊林¹, 蔡光泉², 魏兵²

(1.常州大学, 常州 213016; 2.南通御丰塑钢包装有限公司, 南通 226000)

摘要: **目的** 基于大量工业纤维及棉花包装的需要, 针对性提出一种新型 PET 带传送装备。**方法** 设计一种锥面组合输送轮机构, 并利用 Adams 和 Ansys Workbench 对组合输送轮机构的锥面锥角和施加的压力做出分析与优化。**结果** 仿真分析结果表明: 锥轮锥角的角度在 9° 时, 压力选取为 30 N, 既能满足穿带的需要, 也可以有效减缓相应的应力集中和振动强度。**结论** 对不同的锥面组合输送轮机构, 应当慎重的选择锥面锥角和施加压力。

关键词: 锥面组合输送轮; PET 带; 接触压力

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)09-0194-04

Design and Optimization for Combined Conical Conveyor Wheels with PET Belts Based on Simulation

LIU Tao¹, GE Le-tong¹, SHI Pu¹, SUN Jun-lin¹, CAI Guang-quan², WEI Bing²

(1. Changzhou University, Changzhou 213016, China;

2. Nantong Yufeng Plastic Packing Co., Ltd., Nantong 226000, China)

ABSTRACT: The work aims to specifically propose a new PET-belt conveyor based on the requirements regarding massive packaging of industrial fiber and cotton. A combined conical conveyor wheel was designed and the taper angle and pressure applied on the conical surface were analyzed and optimized with Adams and Ansys Workbench. The simulation analysis results showed that: when the taper angle of cone pulley was at 9°, the pressure of 30N selected could not only meet the threading requirements, but also effectively mitigate the corresponding stress concentration and vibration strength. For different combined conical conveyor wheels, the taper angle and pressure applied on the conical surface should be carefully selected.

KEY WORDS: combined conical conveyor wheels; PET belt; contact stress

在国内合成纤维和棉花产量居世界之首的前提下^[1-2], 世界各国都加速了对纤维包装机械的研发。我国工业包装机械的起步晚, 但发展迅速, 目前传统的手工穿带已经被自动包装机械所取代^[3]。包装机械的走带装置是设计的关键部分, 但是存在体积庞大、操作复杂、传动过程中的噪声污染和磨损较为严重等一系列缺陷亟需解决^[4]。

针对包装机械走带装置的缺陷, 设计了新型 PET 带走带机构, 该机构不采用传统的二滚轮柱面间的压带传动, 而采用一种组合滚轮传动, 依靠施加于上滚轮锥面间压力进行传动, 在上下滚轮 4 个锥面与 PET

带之间产生摩擦力的作用, 从而带动 PET 带前进, 完成输送工作。

1 PET 带锥面组合输送轮机构

1.1 PET 带简介

PET 塑钢带, 简称 PET 带, 为聚对苯二甲酸乙二醇酯的高度结晶聚合物, 表面光滑而有光泽, 其抗蠕变性、耐疲劳性、耐摩擦性、尺寸稳定性都很好, 具有很好的拉紧保持能力^[5]; 通过对 PET 塑钢带的研究, 宣告“以 PET 代钢”的纤维包装时代的到来^[6-7]。

收稿日期: 2016-10-24

基金项目: 前沿与关键技术创新计划 (GY22015028)

作者简介: 刘涛 (1988—), 男, 常州大学硕士生, 主攻新型包装机械的设计与研究。

通讯作者: 葛乐通 (1953—), 男, 常州大学教授, 主要研究方向为机电设计、包装设备设计。

1.2 PET 带锥面组合输送轮机构简介

PET 带锥面组合输送轮机构见图 1 和图 2, 该装置主要由上滚轮和下滚轮组成, 压簧和螺母在上滚轮上, 四者依次固定在主轴上并通过主轴转动带动上下滚轮运转, 依靠压簧施加于上滚轮的力来加紧尺寸为 $2\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 2000\text{ mm}$ 的 PET 带, 并通过产生的接触摩擦力带动 PET 带完成整个走带^[8-9]。调节施加在上滚轮上的压力, 可以达到改变上下滚轮和 PET 带之间的摩擦力的目的^[10], 这是牵引 PET 带完成走带工作的动力, 同时也是整个锥面组合输送轮机构工作的核心。由于上滚轮的锥面锥角和压簧与上滚轮之间的作用力都会影响到 PET 带输送的速度和装置的寿命, 因此需要在锥面锥角和压力的选取上进行优化, 在保证安全生产的基础上尽可能地延长装置使用寿命^[11]。实验图片见图 3。

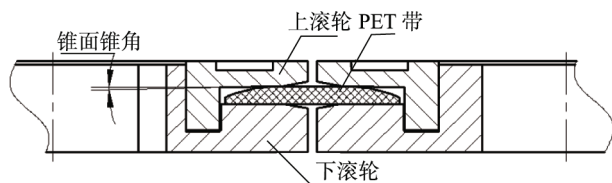


图 1 PET 带锥面组合输送轮机构

Fig.1 Mechanism for conical conveyor wheel with PET belts

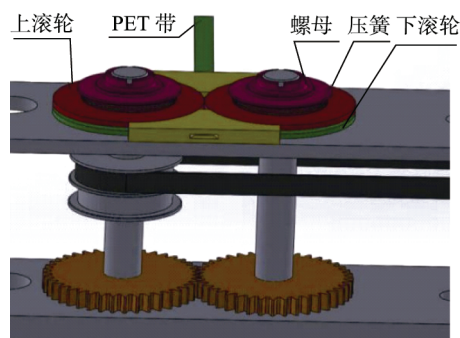


图 2 PET 带锥面组合输送装置

Fig.2 Device for conical conveyor wheel with PET belts

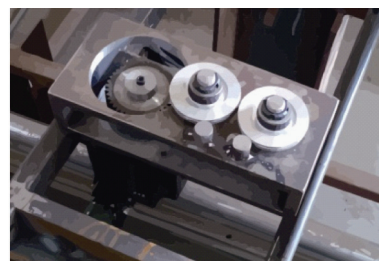
2 PET 带锥面组合输送轮机构的分析与优化

2.1 PET 带锥面组合输送轮机构的 ADAMS 仿真

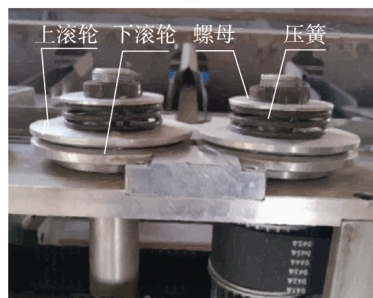
在 ADAMS 运动仿真^[12-13]过程中, 以上滚轮的锥面锥角的角度 α 和施加的压力 F 作为变量进行控制变量实验^[14]。在装配中, 弹簧被施加了预压力, 因此根据对弹簧的预压力和最大压缩量的测试, 将该次试验施加压力 F 的大小分别定为 20, 30, 40 N, 而的角度 α 的选取分别为 1° , 5° , 9° , 12° , 15° 。对于锥面锥角的变量, 以 9° 为中间量, 对比两侧的实验数据, 然后做出分析。

在施加压力为 30 N 时, 锥面锥角依次为 1° , 9° , 15° 时, PET 带的加速度和对上下滚轮的作用力的曲线见图 4。其中上滚轮对 PET 带的牵引力定义为 $F_{\text{上}}$, 下滚轮对 PET 带的牵引力定义为 $F_{\text{下}}$ 。在相同的压力下, 随着锥面锥角的增加, PET 与上下滚轮之

间作用力的变化都有一个先减小后增大的过程, 这也说明 PET 带所受到的牵引力也有一个相同的变化趋势。根据 PET 带的加速度大小变化判断, 改变锥面角度对加速度的影响十分微小。



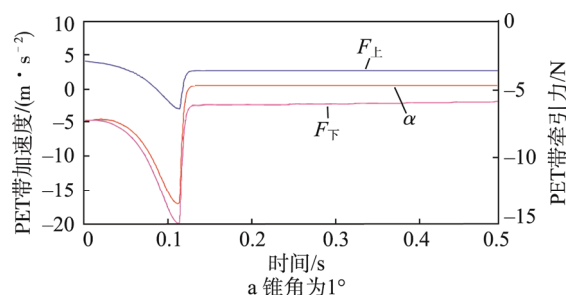
a



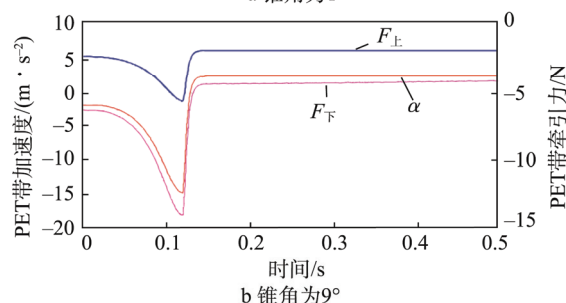
b

图 3 实验图片

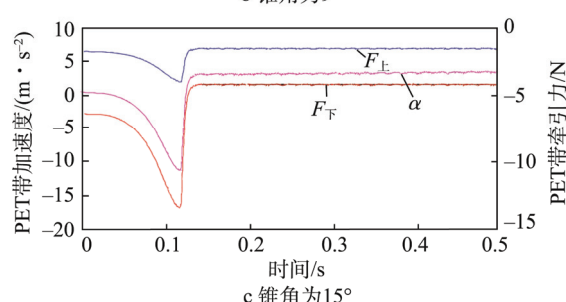
Fig.3 Experiment picture



a 锥角为 1°



b 锥角为 9°



c 锥角为 15°

图 4 PET 带的加速度和受力曲线

Fig.4 The curve of force-acceleration for PET belts

根据图5,在锥面锥角固定的情况下,调节施加于上滚轮的压力,对比20~30 N和30~40 N不同,同样的增加10 N, PET带速从 v_1 到 v_2 和 v_2 到 v_3 到达匀速的时间,前一次缩短的时间却远远比后一次明显,因此在压力较大时,盲目增加压力对缩短走带时间的影响越来越微小,但是上滚轮的应力应变却随着压力的增大而越来越大。与此同时,再根据图6对比同等压力下,不同锥角时上滚轮与PET带接触力的变化,发现随着锥角的增加,其动态接触力越来越不稳定,振动强度增加,因此,在锥面锥角选取上即要保证接触力的大小,同时还要保证相应的振动强度,所以在选取角度上不宜过大。

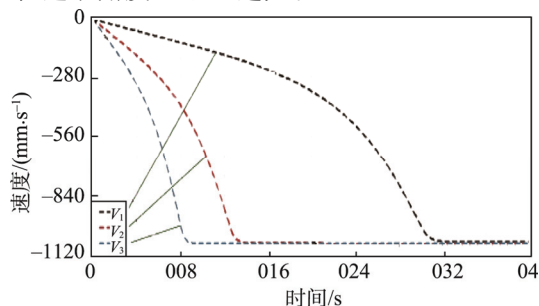


图5 PET带的位移-速度曲线

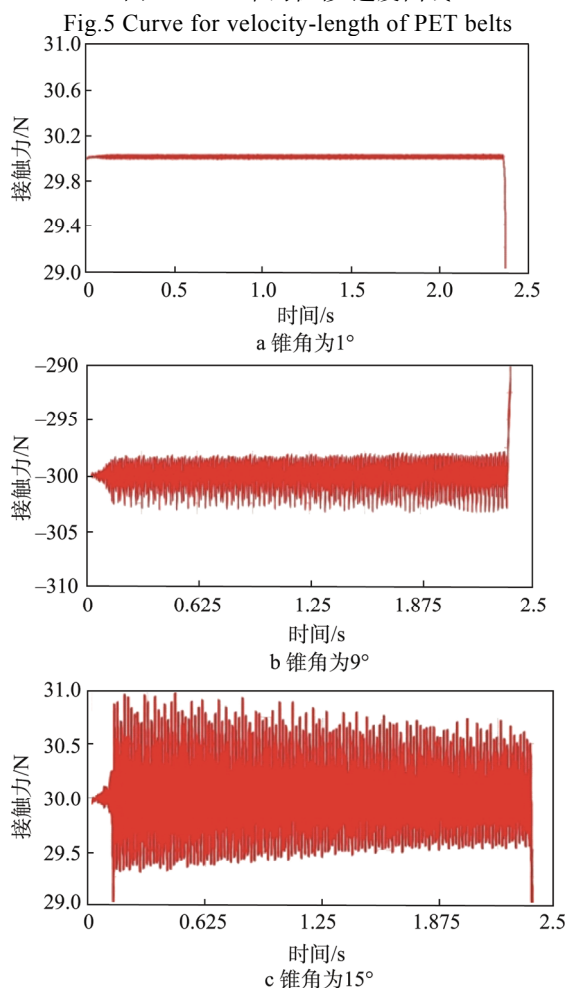


图6 接触力变化曲线

Fig.6 Curve for contacted stress

2.2 PET带锥面组合输送轮机构的 Ansys Workbench 应力应变分析

和ADAMS仿真相似, Ansys Workbench 仿真分析^[15]也同样以控制变量实验的方式进行,观察应力应变云图变化,确定选取的依据。首先对不同锥角情况下云图进行分析。由于上滚轮的锥面与PET带的圆弧面的特殊接触,因此,上滚轮的应力应变云图是分析的重点。

在压力为30 N时,锥面锥角为 1° , 9° , 15° 下的等效应力见图7。在实验角度的范围内,随着锥面锥角的增加, PET带与上滚轮接触点的位置越远离边缘,这使得上滚轮的应力集中有一个先减缓后增加的趋势。前期的减缓是由锥面锥角的增大引起的,而后期的逐渐增加则是由PET带和上滚轮特殊的结构尺寸造成的。通过对应力应变云图的分析可知,锥面锥角在一定范围内的增加使得上滚轮与PET带接触区域的应力集中逐渐得到改善以致消失,因此确定上滚轮应该存在一定的锥面角度,这样可以有效减缓应力集中的影响。

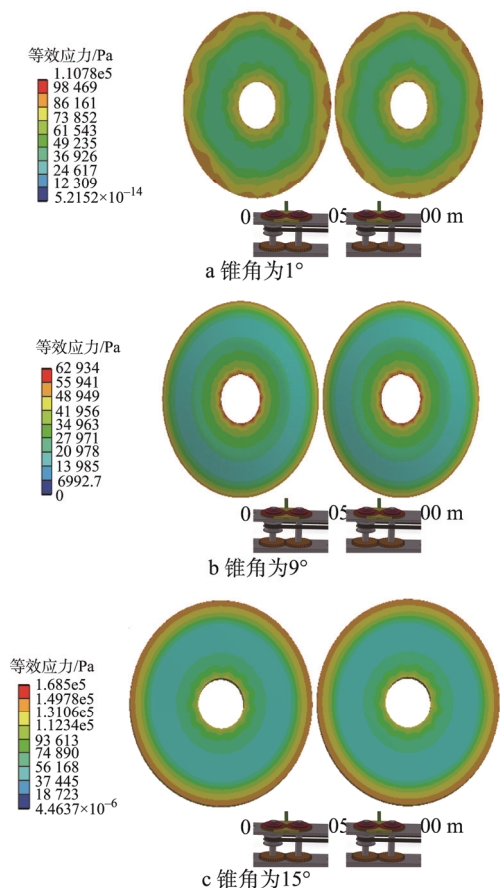


图7 上滚轮等效应力云图

Fig.7 Equivalent stress chart for top wheel

根据仿真结果,综合上滚轮接触区域的应力分布,同等情况下PET带的加速度与受力,以及上滚轮与PET带接触力的强度。以有无反明显的边缘应力

集中、最大的应力应变数值和振动强度为对比依据,可以得出在同等压力下,随着锥面锥角的增加,边缘应力集中有所减缓,边缘应力最大值依次为 1.11×10^5 , 1.33×10^5 , 6.30×10^4 , 9.90×10^4 , 1.12×10^5 Pa, 振动强度则相应增加。由此可以得出锥面锥角的变化对 PET 带的输送时间、上滚轮应力应变和接触力强度变化都有影响;同等压力下,锥面锥角大于 9° 时,上滚轮的接触力强度变化很大,这使得上滚轮存在激烈的振动强度;锥面锥角太小或者没有锥角,同等压力下更容易产生应力应变的边缘集中,从而缩短零部件的使用寿命。

3 结语

基于 Adams 运动仿真和 Ansys Workbench 的应力仿真分析,为锥面组合输送轮机构的锥面锥角和施加压力等的选取提供了理论的依据,其分析结果表明,在保证正常输送 PET 带的基础上,保证振动强度的稳定,上滚轮的锥面角度不宜过大;为了避免边缘的应力集中,其锥面锥角的角度也不宜过小;该次仿真分析对以后相似机构的使用提供参考价值。

参考文献:

- [1] 佚名. 2014 年世界主要国家或地区合成纤维生产能力和产量[J]. 当代石油石化, 2015(12): 47.
Anon. Production and Capacity of Synthetic Fiber in Major Countries and Regions Around the World in 2014[J]. Petroleum & Petrochemical Today, 2015(12): 47.
- [2] 佚名. 我国合成纤维发展现状[J]. 精细化工原料及中间体, 2011(11): 42—44.
Anon. Current Development Situation of Synthetic Fiber in China[J]. Fine Chemical Industrial Raw Materials & Intermediates, 2011(11): 42—44.
- [3] TOLL S. Packing Mechanics of Fiber Reinforcements[J]. Polymer Engineering & Science, 1998, 38(8): 1337—1350.
- [4] 梁宝瑞. 棉花 PET 带快速打包的关键技术研究[D]. 常州: 常州大学, 2014.
LIANG Bao-rui. Research on the Key Technology of Cotton Fast Packaging with PET Plastic Steel Belt[D]. Changzhou: Changzhou University, 2014.
- [5] 杨依真, 王延相, 王成国, 等. 新型高效聚酯平带摩擦传动的探讨[J]. 纺织器材, 2011, 38(3): 5—9.
YANG Yi-zhen, WANG Yan-xiang, WANG Cheng-guo, et al. Approach into the Friction Drive of the New Efficiency Flat Belt of PET[J]. Textile Accessories, 2011, 38(3): 5—9.
- [6] 戴宏民, 戴佩华. 绿色包装材料的研发进展和我国的发展对策[J]. 包装工程, 2004, 25(6): 4—7.
DAI Hong-min, DAI Pei-hua. The Research and Development of the Green Packaging Materials and the Developing Countermeasures of Our Country[J]. Packaging Engineering, 2004, 25(6): 4—7.
- [7] 葛乐通. “以 PET 代钢”是棉花捆扎打包的必然趋势[J]. 包装工程, 2007, 28(7): 208—209.
GE Le-tong. Discussion on the trend of “Substituting PET for Steel” in Cotton Bale Packaging[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(7): 208—209.
- [8] JIA Chang-xi, HE Mei-rong. Research on Design System of Band Conveyer Driven by Linear Friction[J]. Journal of Coal Science and Engineering (China), 2009, 15(4): 440—444.
- [9] HUANG Ping, YANG Qian-qian. Theory and Contents of Frictional Mechanics[J]. Friction, 2014, 2(1): 27—39.
- [10] LUBARDA V A. The Mechanics of Belt Friction Revisited[J]. International Journal of Mechanical Engineering Education, 2014, 42(2): 97—112.
- [11] 孙辉. 自适应摩擦驱动系统静力学建模与运动特性分析[D]. 南京: 南京航空航天大学, 2011.
SUN Hui. Research on Static Modeling and Motion Analysis of Adaptive Friction Drive System[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2011.
- [12] 郑建荣. ADAMS 虚拟样机技术入门与提高[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
ZHENG Jian-rong. Introduction and Improvement for ADAMS Virtual Prototyping Technology[M]. Beijing: China Machine PRESS, 2002.
- [13] 肖艳军, 任斌, 戴秀霞. 基于 ADAMS 的平移式模具输送机构压轮的仿真分析与研究[J]. 制造业自动化, 2013, 35(5): 66—70.
XIAO Yan-jun, REN Bin, DAI Xiu-xia. Simulation Analysis and Research of Translation Mold Transport Mechanism Pinch Roller Based on ADAMS[J]. Manufacturing Automation, 2013, 35(5): 66—70.
- [14] XU Qi-liang, YANG Hai-yan, YANG Ling-li, et al. Inquiry of Water-Soluble Polysaccharide Extraction Conditions from Grapefruit Skin[J]. Engineering, 2011, 3(11): 1090—1094.
- [15] 许京荆. Ansys Workbench 工程实例详解[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2015.
XUN Jing-ji. Comprehensive Engineering Examples for Ansys Workbench[M]. Beijing: Posts & Telecom Press, 2015.