

超薄型瓷片包装线对齐机构的仿真

宋少云, 尹芳, 张国全

(武汉工业学院, 武汉 430023)

摘要: 使用 ADAMS 对瓷砖包装线上某对齐设备进行了动力学仿真。首先介绍了该机构的工作原理, 然后从 SolidWorks 中已经设计好的结构开始, 详细说明了如何进行模型简化、分类, 以及导入到 ADMAMS 并重新建模、施加约束并进行仿真的方法。最后, 计算了实际的气缸受力, 并由此确定了气缸的缸径。摸索出了一整套在结构设计结束后对机构进行力学计算的方法, 对于其他类似机构的设计具有一定的参考意义。

关键词: ADAMS; 动力学仿真; 瓷砖包装线; 对齐机构

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)13-0095-03

Simulation of Aligning Mechanism of Ultrathin Ceramic Packaging Line

SONG Shao-yun, YIN Fang, ZHANG Guo-quan

(Wuhan Polytechnic University, Wuhan 430023, China)

Abstract: ADAMS was used for dynamics simulation of aligning equipment in ceramic packaging line. Working principle of the mechanism was introduced. The simulation method was introduced beginning from designed structure by SolidWorks, which included model simplifying, model classification, imported into ADAMS, remodeled, applying constraint, and simulation. The actual force on cylinder was calculated and the diameter of cylinder was determined. The method of mechanics calculation on mechanism after structural design was established. The purpose was to provide reference for design of similar mechanism.

Key words: ADAMS; dynamic simulation; ceramic packaging line; aligning mechanism

随着近些年我国住房商品房市场的高速发展, 作为室内装潢业一个重要组成部分的瓷砖产业也迅速成长起来^[1]。瓷砖在加工完毕到进入销售市场前, 需要先进行装箱。经过大量的市场调查发现, 许多瓷砖生产厂家对瓷砖采用了人工装箱方式, 工人劳动强度很大而且效率很低, 这大大地制约了瓷砖进入市场的速度。对生产后的瓷砖进行包装, 研制一条自动化的包装线具有重要的意义^[2]。

瓷砖包装线中, 对人工粗略码好的 10 片瓷砖进行对齐, 然后在四边放置包角, 是包装线中一道重要的工序。为实现该工序而设计对齐设备的过程中, 发现确定驱动气缸的缸径成为了一个不容易解决的问题。在对齐过程中, 整套机构的位置发生连续地变化, 每次变化机构均处于不同的位置, 如果在每一个位置都按照静力平衡的方式来计算气缸的推力, 由于机构复杂, 每一个工位的静力学计算都很困难。如果

要计算多个位置, 则工作量相当大。如何解决这个问题, 成为了对齐设备研究的一个关键技术。

上述问题在学术上归于多刚体动力学的计算。在计算多刚体领域, ADAMS 软件得到了广泛的使用。该软件可以对任意复杂的机械系统进行静力学、运动学和动力学的仿真, 可以很容易得出一个任意构件在某段连续过程中约束力、位移、速度和加速度的变化, 因此也在包装机械仿真中得到了广泛应用^[3-6]。笔者在使用 ADAMS 对该设备进行力学仿真的过程中, 摸索出了一整套行之有效的方法, 以期对类似机构的设计提供借鉴。

1 工作原理

为了便于描述, 根据该机构的三维模型, 在 ADAMS 中建模得到的机构运动简图见图 1。

收稿日期: 2012-04-19

作者简介: 宋少云(1972—), 男, 湖北人, 博士, 武汉工业学院副教授, 主要研究方向为 CAE、有限元、机械系统仿真、多学科集成。

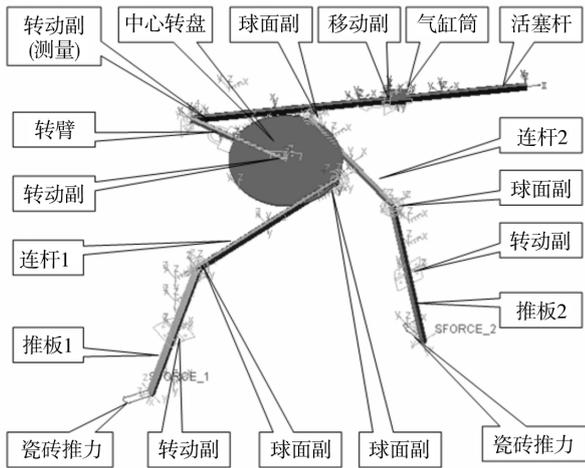


图 1 对齐设备的机构运动简图

Fig. 1 Kinematic sketch of aligning mechanism

该机构包括一套驱动系统和 4 套执行系统。这 4 套执行系统分别从瓷砖的 2 个方向推压瓷砖进行瓷砖对齐。当气缸内部通入压缩空气后,推动活塞杆运动,活塞杆通过转动副驱动中心转盘相对机架发生定轴转动。中心转盘在边缘上的 4 个点分别驱动 4 套执行系统。这 4 套执行系统的结构和工作原理是一样的:中心转盘的边缘点通过一个球面副驱动连杆,而连杆通过球面副驱动一个推板,该推板在中间某处通过转动副与机架相连。这样,当中心转盘转动后,会通过连杆推动推板绕机架上的转轴做定轴转动,推板在其底端会推动 10 片瓷砖对齐。

在气缸的零程位置,推板与竖直平面夹角为 20° 。在满程位置,推板则处于竖直位置。推板在转动的整个过程中,都要推动瓷砖,直到所有的瓷砖达到边缘对齐的状态。这个过程进行得较慢,可以认为每一个状态都是受力平衡状态。显然,在这整个过程中,机构的位置是在发生改变的,而每一个位置下,活塞杆的受力都是不一样的。正确计算受力是确定气缸的缸径的基本依据。如果缸径取得过大,导致推力过大,则会使得瓷砖在对齐过程中发生破碎。

然后确定在哪个工位下受力最大。可以列出活塞杆受力与推板旋转角度的关系式,但对于空间机构而言,很难得到该函数关系式。另外一种选择就是在此过程中,选取若干个工位,逐个进行计算,得到各个工位下活塞杆的受力,然后取出其中最大的一个来作为确定气缸直径的依据。对每一个工位的空间机构进行静力分析属于空间力系问题,需要对每个构件列

出 6 个方程来求解,这里有 6 个活动构件,需要列出 36 个方程联立求解,所以求解单个工位的活塞杆受力也并不容易,而借助 ADAMS,这个问题的求解就变得容易很多。

2 仿真流程

对该机构用 SolidWorks 进行了三维设计并进行了装配,其三维模型见图 2。为表达清晰起见,这里只给出了 2 套对齐机构。为了实现对齐机构的功能,该机构中含有大量的标准件和非标件。要导入 ADAMS 进行分析,如果直接导入 SolidWorks 的模型,将会在 ADAMS 的 DATABASE NAVIGATOR 中出现大量的 PART,使得建模极为困难,因此需要先进行简化。

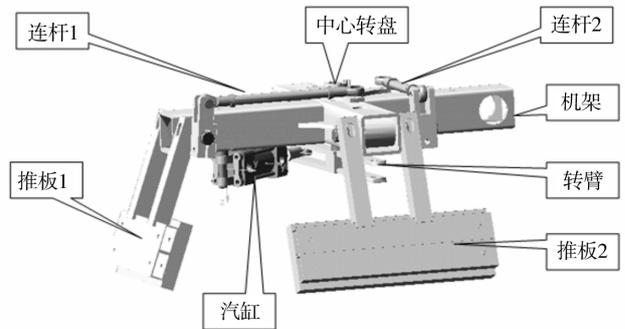


图 2 对齐设备的三维模型

Fig. 2 3D model of aligning mechanism

模型简化的基本准则是:在保证结果精度的前提下尽量减小计算量。由于螺钉、螺母、螺栓、平垫圈、弹簧垫圈等数目众多但是重量相对较小,所以在 SOLIDWORKS 中全部删除。模型中出现的 4 个深沟球轴承,如果直接转入到 ADAMS 中,每个滚子都是一个 PART,同样数目众多,所以这些深沟球轴承都要省略。最后留下的是质量较大而尺寸也相对较大的构件。

模型简化以后,并不能立即把整个模型导入到 ADAMS 中去。实际上,即便这里面的单个零件如机架,如果是混在整体中导入,一个机架也会被分解成为很多的 PART,这会给仿真带来很多麻烦,经过反复调试,采用如下方式。

1) 首先根据 SolidWorks 中建模时采用的装配层次,将该装配体划分为 6 个部装:驱动部装、中心轴部装、连杆部装 1、执行部装 1、连杆部装 2 和执行部

装 2。

2) 把该装配文件拷贝成为 6 份,重命名为上述 6 个部装名。然后分别在 SolidWorks 中打开每一份装配文件,在该文件中只保留该文件名所对应的部装,其他所有的部装都删除,然后保存。

3) 把上述 6 个文件分别另存为 PRASOLID 格式的文件。

采用上述步骤 2) 的目的,是要使得各个部装在总装中的相对位置保持固定,从而当各个部装导入到 ADAMS 中后不会发生重定位,而导致机构的相对位置出现混乱的情况。

下面的操作在 ADAMS 中进行。在 ADAMS 中,首先创建一个 MODEL,命名为 MODEL_1,然后导入 *.x_t 文件。对于不同的部装,导入方式不同。

1) 如果该部装在机构动作中是作为一个整体在运动,而其内部零件之间并不发生相对运动的,则本质上它就是一个构件,因此在导入时作为一个 PART 而导入,并重命名。例如机架、中心轴部装、连杆部装 1、连杆部装 2、执行部装 1 和执行部装 2 都是如此,它们在机构中均作为一个构件在动作,因此在导入时作为一个 PART 导入。

2) 如果该部装在机构动作中并不是作为一个整体运动,而是内部各个零件之间存在着相对运动,则该部装应该作为一个 MODEL 而导入,这样会新建一个 MODEL。气缸部装就是如此,其中的缸筒和活塞杆之间存在着相对运动。在导入该模型时,用 MODEL_2 的名称导入。

当所有部装导入后,在 ADAMS 的数据库中,有 2 个 MODEL:MODEL_1 和 MODEL_2。由于气缸部装是作为一个 MODEL 导入的,所以里面会存在大量的 PART。例如在 SolidWorks 中所建模的单个气缸,进入后成了上百个 PART,因此需要首先处理 MODEL_2,先给主要结构重命名,然后删去不需要的小 PART,接着把有固定关系的零件用固定副固定,例如气缸和连接气缸与机架的销钉。把有相对运动的构件之间建立运动副,例如在缸筒和活塞杆之间建立圆柱副。

上述模型导入后,在 MODEL_1 中,含有中心轴部装、连杆部装 1、执行部装 1、连杆部装 2 和执行部装 2;而在 MODEL_2 中,含有驱动部装。现在合并二者,使用 MERGE MODEL 命令,把这 2 个模型合并为一个 MODEL_1,并删除 MODEL_2。

对于形成的完整模型,首先需要设置重力,并更改各个零件的质量属性,根据零件的体积和密度来确定其质量。

接着是施加约束。为了确保每个约束的正确施加,首先在没有任何约束的条件下直接做动力学仿真,会看到所有构件因为重力而自由落体;接着把机架固定在地面上做仿真,其他物体会自由落体;然后依次施加机架与中心轴部装、执行部装 1、执行部装 2、气缸部装之间的转动副,并做仿真;最后施加连杆部装 1,连杆部装 2 与机架,中心转盘之间的球面副,至此,动力学建模工作结束。

3 仿真结果与计算

为了模拟实际情况,在活塞杆和气缸缸筒之间施加一个速度约束,给定 20 mm/s,并仿真 2.5 s,50 个时间步。对于活塞杆和转臂(见图 1)的转动副,创建一个 MEASURE,该 MEASURE 选取力的幅值为考察对象。运行仿真后得到的力的 MEASURE 结果见图 3。

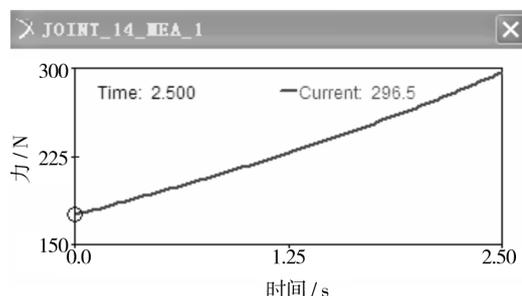


图 3 活塞杆和转臂之间转动副的力 MEASURE
Fig. 3 Force measure of revolute pair between piston rod and rotating arm

从图 3 可以看出,在活塞杆伸出的整个过程中,活塞杆受力是在渐渐增大的,到最后达到最大,值为 296.5 N,这里圆整取为 300 N。

活塞杆可以看成是二力杆,既然它受到转臂的力为 300 N,则它受到的压缩空气给它的推力也是 300 N,据此可以推断气缸的缸径。根据

$$F = pA = p \frac{\pi D^2}{4} \quad (1)$$

式中: F 为活塞杆受到的力; D 为气缸直径; p 为压缩气体压强,这里取 5 个大气压。可以得到:

(下转第 111 页)

较,有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 罗彬. 半色调图像去网方法的研究[D]. 西安:西安理工大学,2007.
LUO Bin. Study on Halftone Image Ddcreening[D]. Xi'an:Xi'an University of Technology,2007.
- [2] 杨松. 基于印刷中龟纹抑制技术的研究[D]. 无锡:江南大学,2008.
YANG Song. The Research on the Suppression of the Moire in Color Printing[D]. Wuxi:Jiangnan University,2008.
- [3] 孙寅,杨松,瞿茹芸. 扫描半色调图像所产生龟纹的抑制[J]. 包装工程,2007,28(10):14-16.
SUN Yin, YANG Song, QU Ru-yun. Suppression of Moire Patterns in Scanned Halftone Images[J]. Packaging Engineering,2007,28(10):14-16.
- [4] 杨松,唐正宁,瞿茹芸. 彩色阶调网印龟纹现象之探讨[J]. 包装工程,2006,27(5):108-110.
YANG Song, TANG Zheng-ning, QU Ru-yun. Discussion on Moire Phenomena in Color Screen Printing[J]. Packaging Engineering,2006,27(5):108-110.
- [5] LIN Tsung-nan. Adaptive-Hierarchical Filtering Technique for High-quality Magazine Image Reproduction[J]. Journal of VLSI Signal Processing,2005,39:237-247.
- [6] 冈萨雷斯. 数字图像处理[M]. 第2版. 北京:电子工业出版社,2009.
GONZALEZ R C. Digital Image Processing[M]. 2nd Edition. Beijing:Electronics Industry Press,2009.
- [7] 刘刚. MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
LIU Gang. MATLAB Digital Image Processing[M]. Beijing:Mechanical Industry Press,2010.
- [8] 张德丰. 详解 MATLAB 数字图像处理[M]. 北京:电子工业出版社,2010.
ZHANG De-feng. Sep MATLAB Digital Image Processing[M]. Beijing:Electronics Industry Press,2010.
- [9] 冈萨雷斯. 数字图像处理(MATLAB 版)[M]. 北京:电子工业出版社,2009.
GONZALEZ R C. Digital Image Processing Using MATLAB [M]. Beijing: Electronics Industry Press,2009.

(上接第 97 页)

$$D = \sqrt{\frac{4F}{p\pi}} = 27.6 \text{ mm} \quad (2)$$

考虑安全系数, D 取为 30 mm。

4 结语

在机械设计过程中,对实际机构进行力学计算是一个经常出现而且很重要的问题。由于依靠理论方法求解这类问题十分繁琐而费时,工程师们大多避开计算,而只是依据经验估计一个数据,这给产品带来了潜在的不确定性和不可靠性。在计算瓷砖包装线上对齐设备气缸缸径的过程中,找到了一条从 SolidWorks 到 ADMAS 进行仿真计算的实用方法,对类似的机构分析计算具有一定的参考意义。

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] 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):49-52.
CHEN Yong-liang, ZHANG Guo-quan. Research on Overturning Tile Mechanism of Automic Tile Packaging Machine[J]. Packaging Journal,2009(1):49-52.
- [3] 孙智慧,戴梦德,徐克菲. 基于 ADAMS 的粉体振动给料系统的建模与仿真[J]. 包装工程,2008,29(2):33-35.
SUN Zhi-hui, DAI Meng-de, XU Ke-fei. Modeling and Simulation of Powder Vibration Feeder System Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering,2008,29(2):33-35.
- [4] 邱显焱,孙晓. ADAMS 及其在包装机械中的应用[J]. 包装工程,2004,25(5):42-44.
QIU Xian-yan, SUN Xiao. ADAMS and Its Application in Packaging Machinery Design[J]. Packaging Engineering,2004,25(5):42-44.
- [5] 施向东,卢能才. 基于 ADAMS 的十六开折页机构优化设计[J]. 包装工程,2006,27(6):175-178.
SHI Xiang-dong, LU Neng-cai. Optimization Design of the 16K Folders Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering,2006,27(6):175-178.
- [6] 郭俊忠,蔡吉飞,邹治国. 基于 ADAMS 的复膜机定位及输送机构的动力学仿真[J]. 包装工程,2006,27(4):81-83.
GUO Jun-zhong, CAI Ji-fei, ZOU Zhi-guo. Dynamic Simulation of the Positioning and Feeding Mechanisms of Laminator Based on ADAMS[J]. Packaging Engineering,2006,27(4):81-83.