

[新设备·新材料·新方法]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2016.01.017

# 全自动装箱机机械式抓头的仿真研究

程芳, 赵美宁

(西安工业大学机电工程学院, 陕西 西安 710032)

**摘要:**针对现有抓头机构不能实现异型瓶自动化装箱,提出设计一种能满足异型瓶装箱要求的机械式抓头部件。文中结合抓头的工艺要求,设计了机械式抓头,并对机械式抓头进行静态和动态条件下的仿真分析,研究机械式抓头能否成功抓取异型瓶以及机械式抓头加速上升产生的惯性力对抓瓶过程的影响。仿真分析结果表明机械式抓头能够完成异型瓶的装箱动作且惯性力对抓瓶过程没有影响。该设计增添了瓶子自动装箱的种类,具有较高的应用价值。

**关键词:**装箱机;机械式抓头;动静态仿真分析;惯性力;ADAMS软件

中图分类号:TB486

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2016)01-0072-04

## Simulation Analysis of Manipulator for Automatic Packing Machine

CHENG Fang, ZHAO Meining

(School of Mechatronic Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710032, China)

**Abstract:** In view of the existing grasping mechanism can not achieve the special bottle of automatic packing, the manipulator was put forward to meet the requirements of special type. This paper designed a manipulator based on technical requirements. The simulation analysis of static state and dynamic state of manipulator was carried out to study the manipulator can successfully grab the oval bottle or not and the influence of inertial force to catch the oval bottle process during the sudden rise. From the result of simulation analysis, the manipulator can complete the packing of the shaped bottle and inertia force has no effect on the process of grasping. The design adds the type of automatic packing of the bottle, it has a high application value.

**Key words:** automatic packing machine; manipulator; simulation analysis of static and dynamic; inertial force; ADAMS

快速消费品行业里的酒类、日化用品、调味品等液态商品越来越注重产品的个性化包装,各式各样的异型瓶(非规则的圆形瓶)让人眼花缭乱,丰富繁荣了市场。异型瓶的装箱给包装行业提出来新的课题<sup>[1]</sup>。异型瓶的瓶型属于扁形的,现有的抓头不能实现异型瓶的自动化装箱要求<sup>[2]</sup>。为了能够实现异型瓶的装箱要求,设计出机械式抓头,对实现异型瓶装箱具有很高的现实意义。

### 1 装箱机及抓头部件的介绍

#### 1.1 装箱机的介绍

全自动装箱机主要是由输瓶链条、抓头机构、传动部件、机架、对中装置、输箱链条、气控部件、电控部件等几大部件构成。全自动装箱机抓瓶装箱的工作原理图<sup>[3]</sup>如图1所示。

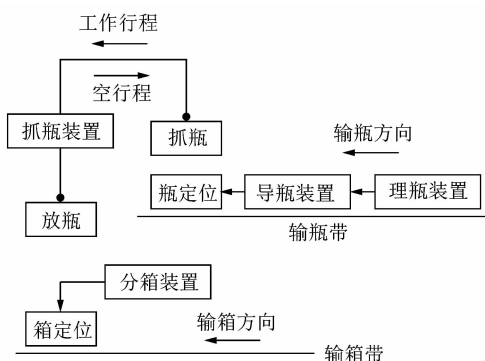


图1 抓瓶装箱工作原理图

Figure 1 Principle diagram of grasp bottle packed

#### 1.2 抓头部件的介绍

全自动装箱机的核心部件是抓头机构<sup>[4]</sup>。按照市场需求的不同,抓头机构中的抓头形式有气动吸盘、

收稿日期:2015-07-31;修回日期:2015-10-21

作者简介:程芳(1990),女,河南濮阳人,硕士研究生,主要研究方向为包装机械设计。E-mail:780311316@qq.com

气囊式抓头、机械式抓头。异型瓶的瓶型为椭圆形,现有的抓头机构不能实现异型瓶的抓瓶装箱过程。因此,根据异性瓶瓶型的特殊性,结合抓头的工艺要求<sup>[5]</sup>,设计出新的机械式抓头。单个机械式抓头的结构如图2和3所示。

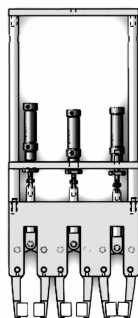
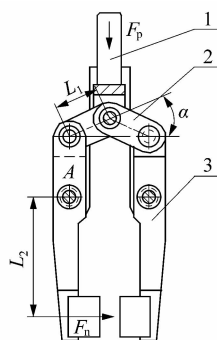


图2 机械式抓头三维图

Figure 2 3D figure of manipulator



1—拉杆;2—连杆;3—抓头。

图3 单抓头二维图

Figure 3 Machine drawing of manipulator

工作原理:当驱动器驱动拉杆1向上移动时,由拉杆1、连杆2、抓头3组成的夹紧机构迫使抓头(手爪)完成松开动作;反之,当拉杆1向下运动时,手爪夹紧。机械式抓头抓瓶口的直径可以变化,并且夹持比较平稳,同时夹持误差也较少。

### 1.3 抓头部件的理论计算

机械式抓头在抓取瓶子的时候必须要有合适的夹紧力,在保证能够抓稳瓶子的同时不会因为力过大而把瓶子夹碎。当机械式抓头抓瓶时,其夹紧力 $F_n$ 跟驱动力 $F_p$ 的关系式为

$$F_n = \frac{F_p \cdot L_1 \cdot \cos \alpha}{2 \cdot L_2} \quad (1)$$

式中: $\alpha$ —加紧时抓头的连杆方向与水平线的夹角; $L_1$ —连杆上2支点之间的距离; $L_2$ —支点A与手抓抓瓶支点之间的距离。

机械式抓头的夹紧力必须克服本身重力所产生的

静载荷以及在装箱过程中移动瓶子到装箱位置时动作变化所产生的惯性力或惯性力矩,以保证瓶子的夹紧状态。

夹头对瓶子的夹紧力应满足公式(2)

$$G \leq 2\mu \cdot F_n < F \quad (2)$$

式中: $\mu$ 为橡胶垫与瓶盖之间的摩擦因数; $G$ 为瓶子的重力; $F$ 为瓶子即将破碎的最大力。

通过气缸的充气和放气,使活塞杆做直线运动,从而带动推杆运动,推杆通过连杆控制手爪的张开与闭合,从而完成瓶子的抓紧跟松开。

根据夹紧瓶子和放开瓶子状态的受力分析,可求得设计的机械式抓头夹头的张角范围为 $-5.4^\circ \sim 14.0^\circ$ 。

## 2 SolidWorks 建立仿真模型及模型参数设置

### 2.1 SolidWorks 建立仿真模型

在SolidWorks中完成装配体的模型。机械式抓头的整体装配图比较复杂,为了简化模型方便后续的仿真工作,机械式抓头的装配图如图4、5所示。根据实际的装箱过程分析,结合仿真分析的特点,机械式抓头在静止状态下和动态条件下仿真的模型不同。

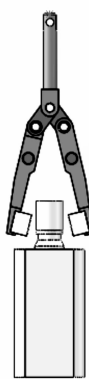


图4 机械式抓头静止状态仿真模型

Figure 4 Static state simulation model of manipulator

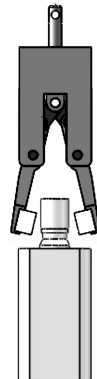


图5 机械式动态条件下仿真模型

Figure 5 Dynamic simulation model of manipulator

将在SolidWorks建立好的装配体模型导入ADAMS中,SolidWorks和ADAMS之间的图形交换格式为Parasolid文件格式<sup>[6-7]</sup>。

### 2.2 ADAMS 中的模型的参数设置

将导入后的模型,进行材料属性的设置,给各个零件之间施加约束。瓶子与胶垫之间设置了接触约束,查阅相关资料<sup>[8-12]</sup>,接触约束的参数设置如表1所示。

表1 接触参数的设置  
Table 1 Setting of contact parameters

| 刚度系数/<br>( $\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$ ) | 弹性力<br>系数 | 阻尼系数/<br>( $\text{N} \cdot \text{s} \cdot \text{mm}^{-1}$ ) | 切入深<br>度/mm | 静摩擦<br>因数 | 动摩擦<br>因数 | 静摩擦临界<br>速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ) | 滑动摩擦临界<br>速度/( $\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$ ) |
|----------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------|-------------|-----------|-----------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 25.118 8                                     | 1.5       | 10                                                          | 0.1         | 0.6       | 0.5       | 100                                             | 1 000                                            |

### 3 机械式抓头静态及动态条件下仿真分析

#### 3.1 机械式抓头静止状态下的仿真分析<sup>[13]</sup>

机械式抓头抓瓶的驱动力是气缸给拉杆的推动力。将气缸的工作压力设为0.4 MPa。查亚德客气缸的相关资料,得到0.4 MPa下的驱动力为40.2 N,经计算出拉杆的加速度为 $502 \text{ mm/s}^2$ 。定义拉杆的滑移副为约束驱动,设置加速度为 $502 \text{ mm/s}^2$ 。设置仿真停止的时间为0.25 s,输出结果的总步数为1 000步。驱动拉杆的加速度 $502 \text{ mm/s}^2$ 的曲线如图6所示。在仿真过程中,设定向上的力为正值,因此机械式抓头夹瓶过程中拉杆的力为负值。

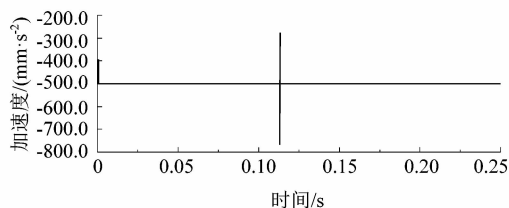


图6 拉杆的加速度曲线

Figure 6 Acceleration curve of draw-bar

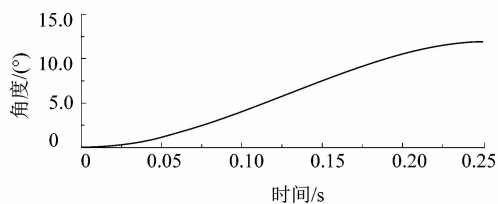


图7 夹头转角的变化曲线

Figure 7 Turning angle curve of manipulator

经计算得出机械式抓头夹头的张角范围为 $-5.4^\circ \sim 14.0^\circ$ 。从图7中可以看出抓头在完成夹紧瓶子时,抓头转过角度为 $12^\circ$ 。仿真结果得到的转角在理论计算数据的范围之内,夹头的设计初步满足抓瓶的要求。

查阅资料得知玻璃的抗压强度为8 MPa。瓶口承受的压力范围值为 $4.9 \sim 18\ 047.0 \text{ N}$ 。实际生产中使用的瓶子的质量为0.5 kg,其重力为4.9 N。从图8中可以看出,在静止状态下夹头逐渐夹紧瓶子过程中夹紧力逐渐增大,直至夹紧瓶子,夹紧力为 $5 \sim 35 \text{ N}$ ,夹紧力大于瓶子的重力,可以将瓶子夹起,而不会夹碎瓶子。因此,根据分析仿真结果,设计的抓头符合抓瓶的要求。

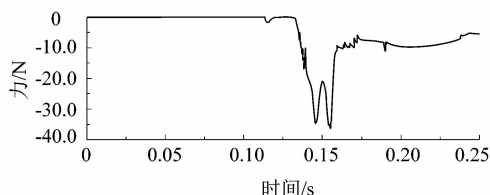


图8 抓头夹紧力的变化曲线

Figure 8 Clamp force curve of manipulator clamping bottles

#### 3.2 机械式抓头动态条件下的仿真分析

全自动装箱机在整个装箱过程中,抓头夹瓶后上升过程中产生的惯性力对抓瓶的效果有非常重要的影响。对其上升过程进行详细的仿真分析,根据仿真结果来验证设计的可靠性。驱动的具体设置过程如下:

Motion 1(夹头1驱动):step(time,0,0d,1,15d);

Motion 2(夹头2驱动):step(time,0,0d,1,15d);

Motion 3(拉杆驱动):step(time,2,0,3,502)。

设定仿真时间为3.5 s,仿真步数为1 000步。机械式抓头的拉杆加速度的变化曲线如图9所示。

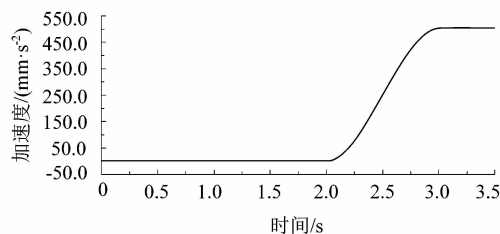


图9 拉杆的加速度变化曲线

Figure 9 Acceleration curve of draw-bar

机械式抓头转过角度的变化曲线如图10所示。从仿真结果示意图中分析,机械式抓头在整个装箱过程中转过 $16.0^\circ$ 。根据夹紧状态和放瓶状态计算得到的张角范围为 $-5.4^\circ \sim 14.0^\circ$ 。仿真得到的转角 $16.0^\circ$ 在张角的理论计算数据 $19.4^\circ$ 的范围之内,仿真结果一致。

夹瓶完成后上升夹头接触力的变化曲线如图11所示。根据理论计算值,夹紧力的理论范围为 $4.9 \sim 18\ 047.0 \text{ N}$ 。从图11得到,机械式抓头装箱过程中的夹紧力 $60 \sim 650 \text{ N}$ 。因此,根据仿真分析的结果,机械式抓头在抓瓶完成后上升过程中,夹头的夹紧力在其

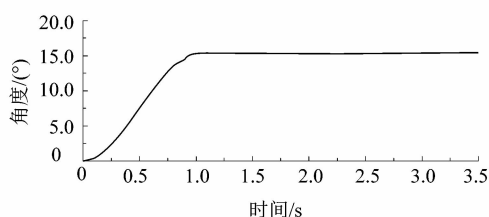


图10 机械式抓头转过角度变化曲线

Figure 10 Turning angle curve of manipulator

理论范围之内,不会造成瓶子的掉落或者夹碎的现象。突然上升产生的惯性力不会对其产生影响。设计的机械式抓头的设计满足异型瓶装箱要求。

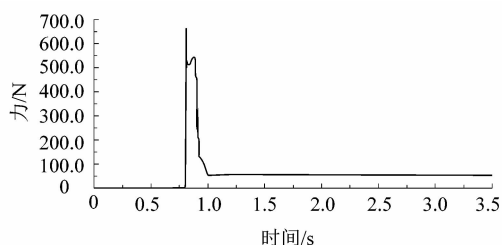


图11 机械式抓头夹头夹紧力变化曲线

Figure 11 Clamp force curve of manipulator clamping bottles

#### 4 结语

目前的抓头机构只能完成圆形瓶的装箱,不能实现异型瓶的自动化装箱,影响了一些产品的自动化程度。根据抓头的工艺要求,设计出新的机械式抓头。通过对机械式抓头进行仿真分析,能够实现异型瓶的自动化装箱。静态仿真分析得出机械式抓头能够抓起异型瓶,动态过程的仿真分析得到加速上升产生的惯

性力对抓瓶过程没有影响。因此本文设计出的机械式抓头能够实现异型瓶装箱,增添了瓶子自动装箱的种类,提高了生产效率。

#### 参考文献:

- [1] 张有良,冯育全,路建章. 异型瓶装箱机的设计和电气控制[J]. 包装与食品机械,2008(1):67-69.
- [2] 李美川,赵美宁,王芳,等. 一种可编程多层装箱机的研发[J]. 包装与食品机械,2014,32(5):35-39.
- [3] 章培红,许圣萍. 装箱机抓瓶装置一件多用的几种典型的设计方案[J]. 机械与设备,2009,12(6):35-37.
- [4] 邹文生,刘晔,朱景环. 全自动装箱机的研制(四):自动装箱机械手的设计[J]. 南昌大学学报(理科版),1999,23(6):179-181.
- [5] 黄玉美,王润孝,梅雪松. 机械制造装备设计[M]. 北京:高等教育出版社,2006:305-310.
- [6] 陈锋华. ADAMS 虚拟样机技术[M]. 北京:清华大学出版社,2013:43-65.
- [7] 谢剑. 轴承保持架上料机机械手的设计及运动分析[M]. 长春:长春理工大学,2009.
- [8] 王水林,皱月伟,李海伟. 基于 ADAMS 的仿真技术在履带行走装置的应用[J]. 机电产品开发与创新,2008,21(3):44-45.
- [9] 杨晓,李耀刚,姜钊,等. 基于 ADAMS 和 ANSYS 的电动汽车悬架仿真研究[J]. 机电工程,2015,32(2):201-205.
- [10] 安雪斌,潘尚峰. 多体系统动力学仿真中的接触碰撞模型分析[J]. 计算机仿真,2008,25(10):98-101.
- [11] LANKARANI H M, NIKRAVESH P E. A contact force model with hysteresis damping for impact analysis of multi-body systems [J]. Journal of mechanical design, 1990, 112(12):369-376.
- [12] MACHADO M, MOREIRA P, FLORES P, et al. Compliant contact force models in multibody dynamics: evolution of the Hertz contact theory[J]. Mechanism and machine theory, 2012, 53:99-121.
- [13] 张露. 多孔板抓取机械手的研究与开发[M]. 长沙:长沙理工大学,2012.

[信息·简讯]

· 行业简讯 ·

### 英飞凌在无锡成立新工厂加速本土智能制造步伐

正值进入中国市场 20 周年之际,英飞凌科技宣布成立其在无锡的第 2 个工厂。新工厂投资总额近 3 亿美元,占地面积约 36 000 m<sup>2</sup>,将于 2016 年底完工投产,待所有生产线全部运行后,预计新增员工约 2 500 人。

目前,英飞凌在华工厂形成了面向汽车、工业、电源管理和安全智能卡市场的电子元器件及功率器件等丰富产品线,包括设计、研发、制造和组装,凭借先进的半导体技术和产品满足全球,尤其是中国市场对构建智能交通、绿色能源、智能家居及智慧城市等领域的发展需求。新工厂将进一步发挥英飞凌智能工厂的独特专长,为本土的制造企业、生产线系统集成企业等合作伙伴提供服务,分享成功经验,助力中国本土制造业向智能化生产的高效升级。

“中国制造 2025 战略”实施以来,英飞凌凭借引领全球的半导体技术、与本地伙伴的深入合作等方式积极支持中国走向制造强国。作为德国工业 4.0 的创始成员之一,英飞凌不仅拥有世界上最为先进的晶圆工厂,并且在其包括无锡在内的后道工厂实现了安全的智能化生产,为国内的制造业提供开放的示范咨询。

(饶 萌)