

小型袋装食品自动装箱机器人设计及运动仿真

Design and motion simulation of automatic packing robot for small size pouch food

蔡春堂

CAI Chun-tang

(四川职业技术学院, 四川 遂宁 629000)

(Sichuan Vocational and Technical College, Suining, Sichuan 629000, China)

摘要:在分析袋装食品装箱实际需求的基础上,设计了一种并联拾放机器人,确定了其性能参数和机械结构,接着对机器人空间运动轨迹进行了规划,并运用 Adams 软件对规划路径进行了仿真。结果表明,设计的机器人可以精准地进行抓放动作,且在规划路径中运动平稳,运动轨迹规范,满足设计要求。

关键词:拾放机器人;并联;袋装食品;仿真

Abstract: In order to design an automatic packing robot for small size pouch foods placed in chaos, a parallel pick-up robot is designed on the basis of analyzing the actual requirement of bagged food packing, and its performance parameters and mechanical structure are determined. Then the space motion trajectory of the robot is planned, and Adams software is used. The planning path is simulated. The results show that the designed robot can grasp and release accurately, and move smoothly in the planned path, and the trajectory is standardized to meet the design requirements.

Keywords: Pick up robot; parallel; bagged food; simulation

袋装食品的抓起、放置及装箱过程十分简单但重复性很高,采用人工完成成本过高,且容易发生误装等操作失误,影响产品质量。随着社会的发展,人们对食品装箱效率要求不断提高,人工显然无法满足行业要求,因此自动装箱机器人应运而生。通常完成这项工作采用的是串联机器人,也就是在各个关节上安装驱动装置,但这样做的缺点是运动惯量较大,导致运动缓慢,影响装箱效率。在这种情况下,并联装箱机器人应运而生。与串联机器人不同的是,并联装箱机器人的驱动装置是安装于机架,所以运动惯性较小,因此可以实现机械手臂的高速运动。目前,并联机器人往往被用到需要快速、精确完成任务的场合中,在食品袋抓取的应用中较

为少见^[1]。

1988 年,Clavle^[2]发明了 Delta 机器人,随后被用于包装分拣等行业。Nabat 等^[3]在此基础上发明了一种四自由度并联机器人,但由于具有极高的运动速度,因此在稳定性方面有所欠缺。在装箱作业中,孟维健等^[4]设计了一种二自由度并联拾放机器人,仅用于平面内产品的拾放。为了解决小型袋装食品在非平面空间内装箱的问题,本研究拟设计一种四自由度并联机器人,与只有 1 条运动支链的串联机器人相比,它的机械结构相对封闭,静平台与末端的机械臂之间采用 2 条独立运动的支链相连接,因此,承载能力更强,自身重量更轻,并且运动速度和精度均有所提高。

1 四自由度并联机器人结构设计

此装箱机器人主要针对体积为 55 mm×30 mm×6 mm、额定重量为 60~100 g 的小型无规则放置的袋装食品,目的是将其规则地装入食品箱中,按照不同的食品种类,有 4 排 5 列和 4 排 6 列 2 种不同的装箱要求。

1.1 四自由度并联机器人性能参数确定

此并联机器人有 4 个自由度,也就是说它可以在 X 轴、Y 轴、Z 轴方向移动,并且可以环绕 Z 轴进行转动;机器人定位精度要求误差不超过 1 mm,最大加速度要求 100 m/s²,最大速度要求 5 m/s;同时机器人的工作区间范围要满足直径 600 mm,高度 160 mm。

1.2 并联拾放机器人机械结构

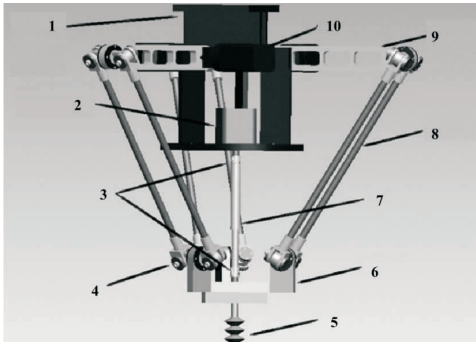
四自由度并联机器人原型选择 Delta 并联机构,它具有 3 个自由度,并且拥有 3 组完全相同的平行四边形支链结构^[5],同时,外传动驱动也使得动平台和静平台随时保持平行,这样保证了其可以在三维空间内高速运动。与此同时,该并联机器人的静平台还安装有 1 个驱动,可以保证机器手臂进行旋转。

接着采用 Pro/E 软件对装箱机器人进行建模^[6]。按照上文描述的结构参数和结构原型,可以确定此并联机器人主要由以下几部分组成:动平台、静平台、3 组机械臂、真空吸

基金项目:四川省教育厅科研项目(编号:18CZ0041)
作者简介:蔡春堂(1985—),男,四川职业技术学院讲师,本科。
E-mail: cct211@163.com

收稿日期:2018-06-15

盘、可伸缩的转轴。其中机械臂均由主动部分和从动部分组成,且3组要求完全相同并且各自独立。主动部分与静平台上的旋转驱动电机连接,从动部分与动平台和主动部分连接,具体如图1所示。



1. 静平台 2. 步进电机 3. 万向节 4. 虎克铰 5. 末端吸盘
6. 动平台 7. 伸缩杆 8. 从动臂 9. 主动臂 10. 伺服电机

图1 并联拾放机器人结构示意图

Figure 1 A schematic diagram of the structure of a parallel pickup and discharge robot

装箱机器人在工作时,在控制器的指令下,伺服电机与步进电机同时进行弧形运动,接着伺服电机通过旋转驱动机构带动主动臂运动,同时驱动从动臂运动,使并联机器人完成在X轴、Y轴、Z轴3个方向上的平行运动;而步进电机则带动机械人末端的吸盘,从而实现机器人沿Z轴方向的旋转运动。

2 四自由度并联机器人动作轨迹规划

机器人在运动过程中的位置、运动距离、速度等指标合称为机器人的运动轨迹。考察机器人运动轨迹对衡量其运动精确度、稳定度、速度等有着重要的意义。因此,需要科学设计机器人的运动轨迹,以保证机器人快速准确地完成装箱工作。

2.1 直角坐标中的轨迹规划研究

在直角坐标中对装箱机器人的运动轨迹进行规划,就是设计其机械臂的运动位置、运动速度,并考察装箱机器人随时间的变化情况^[7],使得机械臂按照袋装食品装箱的要求进行准确合理的运动。

在直角坐标系中,袋装食品装箱机器人机械臂的移动路径是“上升—平移—下降”的过程,其运动轨迹共有3段,见图2。

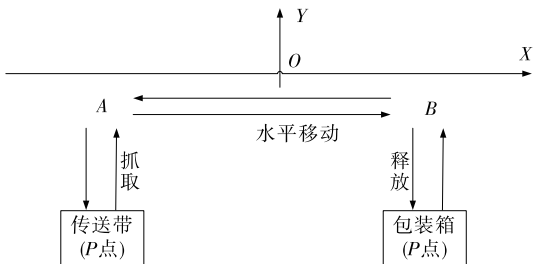


图2 袋装食品装箱机器人移动路径

Figure 2 Mobile path of packing robot in bagged food

如图2所示,假设在机器人运动过程中轨迹为XOY平面,机器人需要在P点抓取食品袋,然后抬起60 mm到A点,再平移200 mm到B点,接着下降60 mm,将食品袋放置于食品箱Q点内。

结合路径规划,设 T_1 为机械臂从P点运动到A点的时间, S_1 为这段运动的位移,在此设定 $S_1=60\text{ mm}$;设 T_2 为机械臂从A点运动到B点的时间, S_2 为这段运动的位移,在此设定 $S_2=200\text{ mm}$;设 T_3 为机械臂从B点运动到Q点的时间, S_3 为这段运动的位移,在此设定求 $S_3=60\text{ mm}$;

机器人机械臂沿PA、AB、BQ运动的运动轨迹都采用修正的梯形方式,总运行时间T按式(1)计算:

$$T = \sqrt{\frac{s}{(\frac{1}{4\pi} + \frac{1}{8})a_{\max}}}, \quad (1)$$

式中:

s ——移动距离,m;

$a_{\max}$ ——最大加速度, m/s^2 。

结合1.1中关于最大加速度 $a_{\max}=100\text{ m/s}^2$ 的规定,根据式(1)可计算得到3个阶段各自的运行时间: $T_1=0.054\text{ s}$, $T_2=0.099\text{ s}$, $T_3=0.054\text{ s}$ 。

2.2 基于Adams运动规划仿真验证

基于以上规划函数,采用Pro/E建立机器人的模型,并且采用Adams软件进行运动仿真,这样可以更加清晰地看到此并联装箱机器人的运动过程,同时可以计算出机械臂在运动过程中的运动参数,从而判断该机器人是否能够满足自动抓取、移动、放置等装箱要求,同时判断其运动的准确性和平稳性。机器人仿真分析流程图见图3。

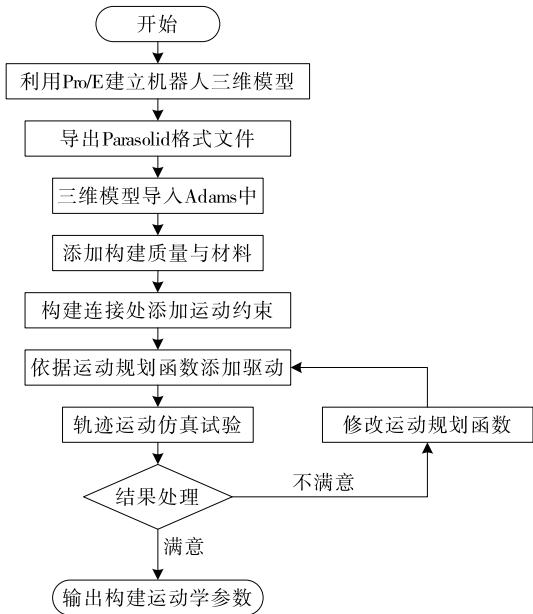


图3 机器人运动仿真规划流程图

Figure 3 Flow chart of robot motion simulation planning

在Pro/E中建立袋装食品装箱机器人三维模型,并将结果导入到Adams/View软件中。在Adams/View软件中对机器人各个部件的材料、质量、体积等进行定义^[8],接着根据

机器人各部件之间的运动关系确定约束条件。静平台与大地固定连接,且静平台和 3 个主动臂之间需要添加转动副;主动臂与从动支链间也需要添加转动副。添加完成后,机器人的仿真模型便完成。

接着对机器人进行运动轨迹的规划,由于前文已给出了机械臂运动过程中各个阶段的位移 S_1 、 S_2 、 S_3 和运动时间 T_1 、 T_2 、 T_3 ,可以计算出机器人在整个运动流程中所需的总时间 $T=0.207\text{ s}$,因此在设置仿真时间时填写 0.207 s ,运动步数为 400。以上工作完成后,对机器人进行运动轨迹的仿真试验。

2.3 轨迹仿真结果分析

袋装食品装箱机器人的机械臂在 X、Y、Z 3 个方向上运动位移随时间变化曲线见图 4,在 X、Y 2 个方向上运动速度随时间变化曲线见图 5。

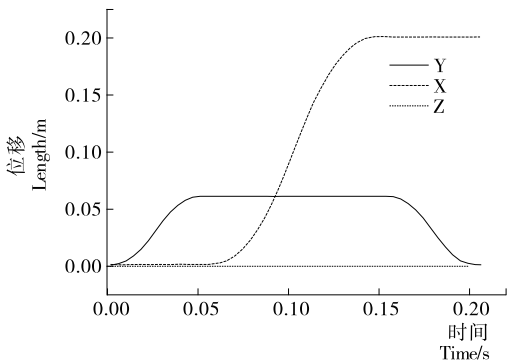


图 4 机械臂位移随时间变化曲线

Figure 4 Time change curve of the displacement of the manipulator

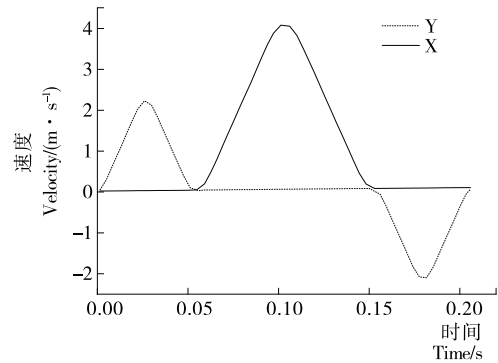


图 5 机械臂速度随时间变化曲线

Figure 5 The curve of the speed of the manipulator with time

从图 4 可以看到,机械臂行走的轨道为预先设定好的 3 段路径,并且运动的曲线平滑,运动稳定。从图 5 中可以看到,机械臂的运行速度完全按照预先设定的修正梯形模式在变化,并且在拐点处过度平滑,没有突兀变化。

从图 4 中还可以看出,机械臂沿 X 轴方向的最大速度为 4.1 m/s ,沿 Y 轴最大速度为 2.3 m/s ,与期初设定的最大允许速度 5 m/s 相比,均小于最大允许速度。也就是说,在设定和路径规划的情况下,袋装食品装箱机器人的机械臂在

完整的运动过程中均表现良好,运行稳定、精确且几乎无振动,满足设计要求。

3 结语

设计的袋装食品自动装箱机器人结构合理,可以准确快速地完成抓取、移动与放置等工作,满足预期要求。相对于串联型机器人提高了其运动精度与速度,但该研究目前仅停留在样机阶段,接下来应进一步研究机电耦合特性对控制系统的影响,从而提高控制系统与机械系统的配合精度,完善四自由度并联机器人的操控性,以期得到大规模的生产应用。

参考文献

[1] 裴学胜,程超然. 工业设计在食品机械中的应用[J]. 食品工业, 2015(5): 198-200.

[2] 倪鹤鹏,刘亚男,张承瑞,等. 基于机器视觉的 Delta 机器人分拣系统算法[J]. 机器人, 2016, 38(1): 49-55.

[3] 高骏,王攀峰. 一种新型 4 自由度高速并联机器人设计方法[J]. 机械设计, 2017(8): 6-12.

[4] 孟维健,张艳伟,程建豪,等. 一种装箱作业并联机器人机构的运动性能[J]. 包装工程, 2017, 38(5): 72-77.

[5] 李渊,余跃庆. 柔顺关节并联机器人动力学模型[J]. 农业机械学报, 2015, 46(7): 345-353.

[6] 盛连超,李威,刘玉飞,等. 基于 Pro/E 和 ADAMS 的 3-RRR 并联平台运动学与动力学研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2015(6): 5-7.

[7] 徐官南,张中辉,夏庆观. Delta 并联机器人运动学分析[J]. 机械制造与自动化, 2015, 44(6): 160-162.

[8] 马志燕. 基于 Pro/E 骨架模型的工件抓取输送机构运动分析及优化[J]. 机械与电子, 2015(8): 10-13.

(上接第 97 页)

[6] 王宜磊,陈霖,易柳舟,等. 猕猴桃采摘机械手末端执行机构的设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(1): 89-92.

[7] 司永胜,乔军,刘刚,等. 苹果采摘机器人果实识别与定位方法[J]. 农业机械学报, 2010, 41(9): 148-153.

[8] LI Bin, WANG Hai-feng, HUANG Wen-qian, et al. Construction and in-field experiment of low-cost binocular vision platform for pineapple harvesting robot[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2012, 28 (Supp. 2): 188-192.

[9] 蒋恩臣,孟醒,权龙哲,等. 推送自锁式肩关节机构的研究设计与试验分析[J]. 东北农业大学学报, 2014, 45(2): 89-93.

[10] 顾宝兴,姬长英,王海青,等. 智能移动水果采摘机器人设计与试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(6): 153-160.

[11] 麦春艳,郑立华,肖昌一,等. 一种基于信息融合苹果果实世界定位方法[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(1): 74-80.

[12] 陈爱华,高诚辉,何炳蔚. 立体视觉中的图像立体匹配方法[J]. 中国工程机械学报, 2014, 12(3): 194-198.

[13] 蒋恩臣,侯杰,权龙哲,等. 基于图像处理技术的玉米秸秆弹性模量研究[J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(5): 75-78.