

机器人原型技术在食品装备设计中的应用

Application of robot prototype technology in food equipment design

刘 麦

LIU Mai

(海南经贸职业技术学院工程技术学院, 海南 海口 571127)

(College of Engineering Technology, Hainan College of Economics and Business, Haikou, Hainan 571127, China)

摘要:文章通过阐述机器人原型技术在食品装备设计中的应用实例,阐释了机器人原型技术的基本操作路线及其优势,证明该技术作为降低开发新型食品设备成本的方法具有较好的使用价值和实际意义。

关键词:机器人;快速原型;食品装备;虚拟仿真

Abstract: The article expounds the basic operation route and advantages of robot prototype technology by explaining the application examples of robot prototype technology in food equipment design. It proves that this technology has good use value and practical significance as a method to reduce the cost of developing new food equipment.

Keywords: robot; rapid prototype; food industry; automation

食品生产设备是食品行业发展的基础,因此如何提升食品加工生产设备设计和更新速度,对整个食品行业的发展具有重大意义。在食品设备设计过程中,常用的计算机仿真技术很难全面模拟真实的使用环境,使用机器人原型技术对关键步骤进行实际操作能够有效减少开发时间和成本^[1-2]。在产品的处理、操作和包装过程中,将一些传统的设备安装到机器人末端执行器上,可以让工业机器人快速精确地执行事先设定好的步骤,从而确定出合理的加工方式^[3-4]。Pallansch等^[5]提出了一种基于计算机仿真的食品加工设备生产方法,但该方法很难对实际使用过程中的动力环境等进行模拟。Gungor等^[6]提出了一种基于动力学的计算机仿真算法,该方法既考虑了使用中的动力学问题,也考虑了不同产品加工材料之间的差异,具有较好的使用价值,但其在非标准环境中的处理效果较差。

文章拟提出一种使用机器人原型技术设计食品加工

设备的方法,其主要步骤包括通用处理和个性化处理两种操作方式。通用处理步骤主要是以所需设计的物品为目标,对外形、尺寸参数、动力学特性等进行合理的设计,例如铸造工业零件时,可以将一个工业零件拆分为标准件和非标准件,以机器人原型为基础,作为非标准件研制末端执行器,可以较好地提高工业零件的生产效率。个性化处理主要是指在标准化处理流程上,添加一些特殊的处理工艺,如在通用拉面制造设备中后端加入控制器,可得到多种不同粗细的产品。个性化处理工艺需对加入器件的大小、参数以及阻力等进行定制化设计,从而获得最大的生产效益。

文章通过机器人原型技术在食品加工及包装机械设计中的3个应用实例,诠释机器人原型技术在食品加工设备设计和制造中的巨大优势和实际价值,旨在为降低开发新型食品设备成本提供一种新的思路。

1 机器人原型技术

目前,工业机器人已成为一种综合性的自动化技术,既是先进的工业软硬件的结合,也是计算机集成制造系统、自动化工厂以及柔性制造体系等现代化制造体系的主要构成成分,已被应用于加工制造等各个领域,尤其是单元以及生产线制造等。

机器人原型是已通过测试和检验的机器人产品,在食品加工及包装机械设备研发中,使用机器人原型可以实现其大部分功能,通过开发末端执行器可实现个性化功能,并且通过一次次的迭代设计可完善末端执行器的个性化功能,达到提高设计效率、减少设备研发过程浪费的目的。

2 应用实例

2.1 夹紧和吸附末端执行器的改进迭代

传统制造过程中,产品的夹紧和吸附是通过制造设备的末端执行器实现的,可适用于大部分的面食制做场景,但不适用于意大利面。意大利面具有坚硬、易碎、潮

基金项目:海南省高等学校科学研究资助项目(编号:Hnky2019-88)

作者简介:刘麦(1986—),女,海南经贸职业技术学院讲师,硕士。

E-mail: qiu-mail413@163.com

收稿日期:2020-08-21

湿、黏稠的特点,通用的夹紧型末端执行器会破坏意大利面的表层。张艳丽等^[7]提出了一种使用真空夹吸器的制作方案,主要是通过使用带有一系列孔的平板,从而减小局部受力情况并为整体提供支撑。测试表明,尽管其可以成功拾取意大利面并置于托盘上,但是意大利面表面的淀粉残渣与夹持器板仍会产生粘连,影响其释放。周霏等^[8]设计了一种基于滚筒的意大利面制作设备。其原理是当滚筒通过产品时,产品和滚筒之间的任何连接都可以随着滚筒的脱落而断裂,其具体过程如图 1 所示。

Radkhah 等^[9]研究表明,可以采用 6 轴机器人作为原型机器人来搭载“滚筒”末端执行器。在机器人手腕上安装一根直径为 50 mm 的碳纤维管作为滚筒,制作一个以铝为材质的铲子并将其安装至滚筒上(见图 2),旋转手腕即可将意大利面抬起。多次重复试验表明,该系统在意大利面制作过程中具有可靠性。研究^[10]发现,影响意大利面取放质量的因素主要有:① 滚筒滚动前,铲子距离意大利面下方的距离(扫掠距离);② 滚筒后方自由垂下的意大利面片长度(悬挂长度);③ 铲子与滚筒之间的间隙大小(δ_1);④ 滚筒最低点与意大利面表面的距离(δ_2)。通过反复的操作试验,优化影响意大利面取放质量的 4 个参数,结果见表 1。

综上,根据系统原型便可构建预生产模型,即使用一个单一的旋转滚子作为执行机构,两个气动气缸定位夹持器。结果表明,该原型机器人只需 3.6 s 即可准确夹持一根意大利面,并将其放于塑料餐盘中。

2.2 末端执行器的分组操作改进

三明治制作过程中,馅料一次性放于第一片面包上,

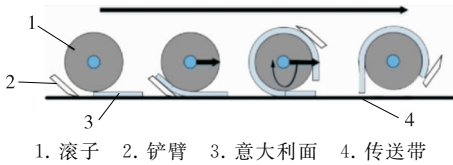


图 1 意大利面卷取机操作示意图

Figure 1 Operation diagram of spaghetti coiler



图 2 使用 CRS 机器人演示夹持器的运动

Figure 2 Demonstrate gripper motion using CRS robot

表 1 最佳系统参数

Table 1 Best system parameters determined by experiment

扫掠距离	悬挂长度	δ_1	δ_2
18	20	4	3

再通过在三明治顶部放置第 2 片面包即可完成三明治的制作。配料前,第 2 片面包的上半部分需涂一层黄油和蛋黄酱,因此将其放至第一片面包上之前,需先将其进行倒置。为了完成这一系列操作,使用 Puma 560 作为原型机器人,该原型机器人可以搭载不同的末端执行器。面包片倒置操作的末端执行器如图 3 所示:面包置于一个 100 mm²的平板上,夹持器安装于旋转关节上,当滚子旋转 180°后,夹持器反转;当夹持器的运动足够快时,面包由于加速度的原因而倒立。

由于平板与面包片之间仅有较小的摩擦力,无相应的抓力,这种末端执行器在翻转过程中如果出现一个小位移,便会导致面包摆放不正确。因此需要准确控制旋转关节的转速,由图 4 可知,最佳角速度为 9 rad/s 左右。

改进后的面包片抓取操作的末端执行器如图 5 所示。夹持器由一个 130 mm×125 mm 的聚缩醛树脂材料制作成类似“桨”的结构构成。在“桨”的表面有一个较窄的沟槽,形成一个略小于面包片的矩形。当抓取器上产生真空时,通道中的气压会降低,当与面包片接触时,面包两边的压差会产生抓力。为了测试抓取器的性能,再次将抓取器安装至 Puma 机器人上,并进行多次测试。

当面包片夹持器夹持面包时,气流会加速面包水分的流失,导致面包变干燥,不利于销售。试验结果表明,

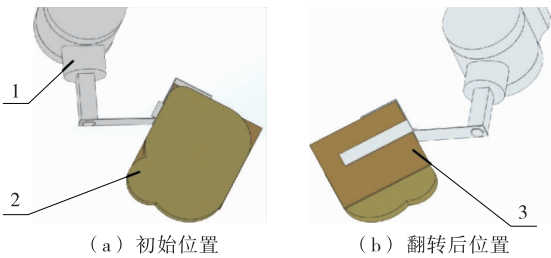


图 3 顶部末端执行器

Figure 3 Top end actuator

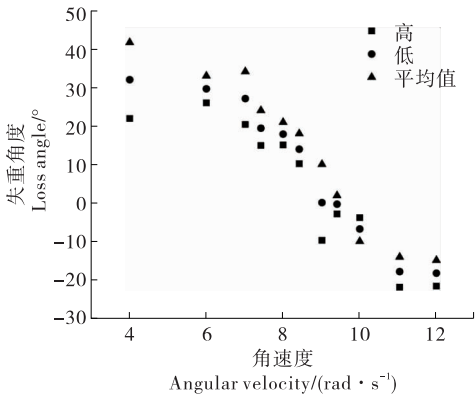


图 4 末端执行器测试图

Figure 4 End actuator tested in one speed range

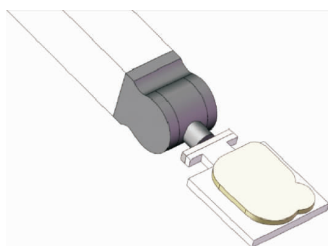


图 5 真空夹持器

Figure 5 Vacuum gripper mounted on Robot

在所有的速度范围内,夹持器均能很好地夹紧面包,当夹持时间低于 1 s 时,水分损失并不显著。根据这个系统原型便可构建预生产模型,如图 6 所示。多次试验表明,该机器人制作三明治的速度为 35 个/min。

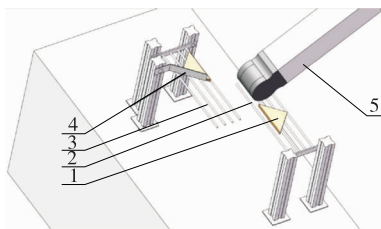
2.3 末端执行器的包装操作改进

在塑料盒的封盒中,存在塑料盒与盖子的位置匹配问题。最常见的方法是将盖子从塑料盒上向下倾斜一定角度,夹在下边缘每个角上的夹子便可与塑料盒子的边缘进行配对。潜意识中,操作者需一直检查塑料盒与盖子之间的作用力并不断调整,以实现正确的定位。这一动作通常对机器人来说是不可用的,因为在大多数情况下,机器人只能按编好的程序进行规则重复的动作,如果盖子的位置有任何错误都将导致放置失败。

因此,采用机器人原型和末端执行器构建新机器的模拟原型。设计一个尺寸为 135 mm×175 mm 的平板,使平板接触盖子的整个表面,从而使所施加的力可以均匀地作用于盖子上,以此来增加系统的可靠性,其具体操作如图 7 所示。

如图 7 所示,采用透明的篮子支撑物支撑机械臂,当一个垂直的力施加至篮子上时,这种结构可以扣住篮子,吸收施加在篮子上的力,以保证篮子的侧面不会弯曲。多次试验结果证明,该种方式并不会对篮子或盖子造成损害。

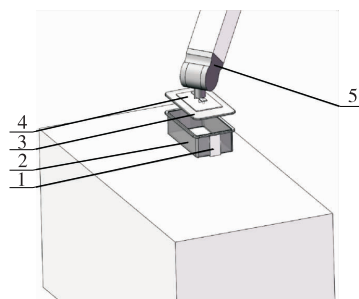
为了确保盖盖子过程中,机器人能够在一系列的路径下进行正常运动,盖子必须在公差范围内进行运动。对每个路径进行 50 次测试,并记录锁合失败的次数,结果见表 2。



1. 三明治 2. 末端执行器 3. 模拟绳送带 4. 包装向导 5. 机器人

图 6 包装试验台

Figure 6 Packaging test bench



1. 篮子支撑物 2. 篮子 3. 盖子 4. 平板爪 5. 机器人

图 7 塑料盒和盖子的位置

Figure 7 Location of plastic box and cover

表 2 关键设计参数的可接受公差范围

Table 2 Key design parameters for robot verification

平移失真 前后/mm	平移错位/ mm	垂直方向 角度失真	盖子间距 角度失真
±3	±2.6	±2.3	±3.3

3 结论

机器人原型技术在食品加工及包装设备设计中的应用,所需的许多单独过程均可以使用定制的末端执行器进行原型化,再进行测试,最后评估方案的适用性和可靠性。试验表明,使用机器人可以在节省时间和经济成本的情况下,构建完整的原型机并对其进行测试。确定公差和关键设计参数意味着在构建完整的原型时,可以有很高的参考标准,保证其可靠地按预期运行,减少了最终生产前需要修改的设计次数,提高了研制效率。

参考文献

- [1] 韩传龙, 芦金石. 新型碗状海蜇螺旋切割系统设计及仿真研究与验证[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 105-108.
- [2] 张化平, 王宇航, 陈汉卿. 六自由度机械臂运动学分析与仿真[J]. 工业仪表与自动化装置, 2017, 20(5): 127-130.
- [3] 姚俊峰, 侯鹏鑫. 提高自动装箱机器人在智能仓储系统移库作业中的工作效率[J]. 山西电力, 2018, 21(5): 30-33.
- [4] 李建伟, 陈艳艳. 苹果采摘机器人末端执行器的原理及试验研究[J]. 农机化研究, 2017(9): 139-142.
- [5] PALLANSCH M A, THOMPSON K M. Insights from a systematic search for information on designs, costs, and effectiveness of poliovirus environmental surveillance systems[J]. Food and Environmental Virology, 2017, 9(2): 361-382.
- [6] GUNGOR A, TSATSARONIS G, GUNERHAN H, et al. Advanced exergoeconomic analysis of a gas engine heat pump (GEHP) for food drying processes[J]. Energy Conversion and Management, 2015, 91: 132-139.
- [7] 张艳丽, 李景奎. 基于 ADAMS 的关节型机器人正运动学分析与仿真[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2009(4): 33-35.

(下转第 109 页)

设计,还可以提升食品的艺术价值,消费者在选购商品时,即便对食品没有需求,在看到设计精美的食品包装时,也会产生愉悦感,充分发挥食品包装的社会价值。

4.1.2 加强包装设计与人的互动 设计食品包装时,相关设计人员要详细考量包装色彩与消费者之间的互动性。良好的色彩联想性表达,可以有效提升包装与消费者之间的互动,其原因在于:色彩是食品包装众多设计元素中,较为醒目的一种,可以快速与消费者建立心灵联系,消费者在观察食品包装色彩信息时,通过联想将食品与自身所积累的生活经验进行关联,提升消费者对于食品的认可程度。

4.1.3 加快包装市场的可持续发展 近年来,食品包装市场规模快速扩张,出口食品总量持续上升,食品包装市场发展潜力巨大。设计人员通过运用标示性色彩符号、象征性色彩符号,提高食品包装色彩联想性,解决食品包装同质化严重、缺乏创新等问题^[10]。通过这样的方式来加快食品包装设计样式更新速度,为食品生产厂家争取到更多的经济效益,促进食品包装设计发展的可持续性。

4.2 发展趋势

4.2.1 优化消费者的色彩体验 食品包装色彩语义和食品属性之间存在紧密关联。包装色彩联想性表达一方面能够让消费者在短时间内了解食品关键信息,另一方面还能够与消费者主观思维产生联动,以色彩联想性表达为切入点,针对食品包装色彩元素进行评价。特别是借助一些新技术(VR技术、AR技术等),提升食品包装色彩视觉冲击力,给消费者带来更具视觉冲击力的色彩体验。

4.2.2 为品牌延伸提供色彩服务 利用包装色彩,能够提升食品辨识度,优秀的包装色彩设计,有助于企业树立品牌形象。在新技术支持下,设计人员可以尝试利用多

重包装以及广告宣传等手段,对食品的品牌与包装色彩进行深度融合,以包装色彩突出品牌文化底蕴,同时以品牌文化丰富包装色彩内涵,通过这种方式提升食品价值。

5 结语

优化食品包装色彩设计,一方面可以提升食品的市场竞争力,另一方面也可以顺利完成食品包装与消费者之间的互动。对于设计人员而言,需要从色彩识别、色彩象征以及色彩审美等方面,对食品包装色彩设计进行优化,为消费者提供更为丰富的色彩体验,提升产品竞争力。

参考文献

- [1] 李辉,侯雅单,张玥,等. 包装的感性设计方法探析[J]. 湖南包装, 2018, 33(3): 11-14, 39.
- [2] 舒望. 色彩在食品包装设计中的运用[J]. 包装工程, 2018(16): 270-273.
- [3] 张亚莉. 色彩设计在儿童食品药品包装上的运用分析[J]. 印染助剂, 2017(9): 113.
- [4] 贺雪梅,曹廷蕾,鹿丹琼. 基于多维约束的食品包装设计[J]. 食品与机械, 2018, 34(6): 94-97.
- [5] 张弘韬,黄新. 便携式红酒包装设计[J]. 湖南包装, 2019, 34(2): 139.
- [6] 柳泽明,姜菁菁. 浅析休闲食品包装设计的造型与结构设计[J]. 中国包装工业, 2013(14): 12.
- [7] 涂阳军,杨智. 包装对食品味觉体验的影响述评及启示[J]. 包装工程, 2013(6): 68-72.
- [8] 孙玉林,王安霞. 基于模块化设计理念的食品包装定制服务策略研究[J]. 湖南包装, 2019, 34(5): 104-108.
- [9] 王丹妮. 食品包装设计[J]. 美术教育研究, 2017(1): 183.
- [10] 钟云飞,付芦静. 湖南省印刷包装企业科技创新能力现状分析[J]. 包装学报, 2020, 35(2): 39-46.
- [11] 肖作江,朱海滨,徐志刚. 基于图像自准直自动调焦技术[J]. 光子学报, 2016, 45(10): 41-45.
- [12] 韦玉科,李江平,段仰广,等. 一种基于图像处理的舌象采集自动调焦算法[J]. 山东大学学报(工学版), 2011, 41(4): 95-100.
- [13] 陈洪涛. 基于动态因子自适应搜索算法的自动调焦研究[J]. 工具技术, 2016, 50(9): 105-108.
- [14] 赵志丹,周哲海,张晓林,等. 光镊系统的粒子自动对焦成像方法研究[J]. 自动化仪表, 2015, 36(10): 25-28.
- [15] 吴叶兰,秦艳红,张之敬. 基于显微视觉的微小型零件边缘检测技术研究[J]. 计算机工程与应用, 2016, 52(17): 266-270.
- [16] 文涛,左东广,李站良,等. 基于改进小波变换和Zernike矩的亚像素边缘检测算法[J]. 电光与控制, 2015, 22(9): 50-54.
- [8] 周霖,陈富林,沈金龙,等. 基于MATLAB的四自由度机械臂运动学仿真研究[J]. 机械制造与自动化, 2016(1): 115-119.
- [9] RADKHAH K, KULIC D. Dynamic parameter identification for the CRS A460 robot[C]// IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots & Systems. [S. l.]: IEEE, 2007.
- [10] 房立金,党鹏飞. 基于量子粒子群优化算法的机器人运动学标定方法[J]. 机械工程学报, 2016, 10(7): 23-30.

(上接第 92 页)

(上接第 95 页)