

裱盒粘合装置设计及其关键结构功能分析

Design of bonding device for mounting box and analysis of the key structure and function

董明民¹ 李莹¹ 谢冲冲¹ 李海山² 杨建辉²

DONG Ming-min¹ LI Ying¹ XIE Chong-chong¹ LI Hai-shan² YANG Jian-hui²

(1. 昆明理工大学机电工程学院, 云南 昆明 650000; 2. 昆明瑞丰印刷有限公司, 云南 昆明 650000)

(1. *Mechanical and Electrical Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming, Yunnan 650000, China*; 2. *Kunming Ruifeng Printing Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000, China*)

摘要:为适应礼盒包装多样化的需求,针对目前包装企业的人工流水线生产模式效率低、成本高等问题,设计了裱盒粘合装置。该装置基于流水线生产模式的工序,主要由图像采集单元、喷胶单元、抓取单元以及压合单元等组成。在 Matlab 中分别进行某产品皮壳的图像处理试验与抓取单元中六自由度吸附机械臂的运动仿真分析。图像处理分析结果得出 Canny 算子对皮壳图像特征检测的效果更好。运动仿真分析获取了机械臂运动时其各个关节位移、移动速度、加速度等数据的实时变化情况,通过拟合仿真试验中机械臂运动路径与预先设定的运动路径,验证了机械臂运动误差在预期范围内,符合设计需求。

关键词: 礼盒; 粘合装置; 图像处理; 机械臂

Abstract: In order to adapt to the demand of diversification of gift box packaging, aiming at the low efficiency and high cost of the current production mode of artificial assembly line in packaging enterprises, an adhesive device for mounting box was designed. The device was based on the process of assembly line production mode and mainly composed of image acquisition unit, spray unit, grab unit and press unit. The image processing of a shell product and the motion simulation analysis of the manipulator were carried out in Matlab respectively. The result of image processing showed that Canny operator had better effect on the feature detection of shell image. The motion simulation analysis obtained the real-time variation of the displacement, velocity, acceleration data of each joint during the motion of the manipulator, the motion error of the manipulator was verified within the expected

range by fitting the motion path of the manipulator in the simulation test and the preestablished one, which illustrates the comply with the design requirements.

Keywords: gift box; adhesive device; image processing; manipulator

裱盒工序是将已完成图文印刷工序的皮壳(外裱纸)粘合裱糊在包装产品的内壳之上,是包装产品生产中的不可或缺的重要步骤。由于礼盒产品造型的多样化^[1-2],过去使用的单一造型自动包装机渐已不能满足生产需求^[3]。

在包装产品市场的不断丰富、不断扩大的背景下,对包装机械也提出了非常高的要求,新一代包装设备更是融合了机械加工、电气控制、信息系统控制、工业机器人、图像传感技术、微电子等多领域技术^[4]。针对多样化的裱盒生产需求,结合柔性化设计,拟设计一种裱盒粘合装置,将机器视觉与机器人技术融入裱盒包装生产中,使其可以满足不同种类结构的产品包装生产,适应多种包装裱盒产品,有效弥补当前企业自动包装机产品单一化和人工流水线效率低等两种包装生产方式的不足,满足企业顺应不断升级的礼盒产品消费市场需求,为企业提高生产效率、降低劳动强度、改善作业环境、节约人工成本、优化生产工艺和实现大规模生产,同时使礼盒产品生产方式具有更高的智能性,可以应对裱盒包装生产中复杂的生产实际问题,进而实现包装企业向智能化生产迈进^[5-7]。

1 裱盒粘合装置结构设计

裱盒粘合装置由图像采集单元、喷胶单元、抓取单元以及压合单元等组成,整体结构与工作流程如图1所示。传送带首先输送皮壳至摄像头下方进行皮壳图像采集,图像采集后,喷胶单元与抓取单元分别依据图像处理后的皮壳特征信息依次完成分区喷胶与内壳放置作业,最后由压合单元压实使皮壳与内盒紧密粘合。

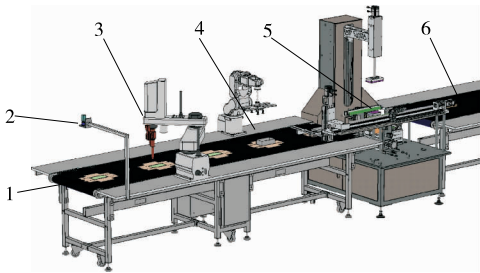
基金项目: 昆明理工大学科技开发项目(编号:KKK0201901131)

作者简介: 董明民,男,昆明理工大学在读硕士研究生。

通信作者: 李莹(1977—),女,昆明理工大学副教授,博士。

E-mail: 7114091@qq.com

收稿日期: 2020-07-08



1. 皮壳输送 2. 皮壳图像摄取 3. 皮壳上胶 4. 皮壳内壳放置
5. 整体压合 6. 成品输送

图 1 整体结构与工作流程图

Figure 1 Overall structure and work flow diagram

1.1 图像采集单元

图像采集单元使用 CCD 摄像机用于皮壳图像摄取,针对摄像机和镜头的选用与装配主要依据产品皮壳的尺寸、物距、精度、成本等因素,当检测目标大小一定时,选择对应摄取范围的 CCD 摄像机,即可拍摄出在要求精度内的清晰皮壳图像。该装置对应生产的礼盒产品最大尺寸为 210 mm×320 mm,误差最大值为 0.2 mm。拟选用 500 万像素的 WP-UFV500M 工业摄像机进行皮壳图像摄取,相机对准常数取 0.1。其各项参数与生产需求如表 1 所示。

根据透镜模型定义关系式:

$$F_{OV-x} = (D_x + L)(1 + P), \quad (1)$$

$$F_{OV-y} = (D_y + L)(1 + P), \quad (2)$$

$$R_x = \frac{F_{OV-x}}{X_{pixels}}, \quad (3)$$

$$R_y = \frac{F_{OV-y}}{Y_{pixels}}, \quad (4)$$

式中:

L ——目标的定位误差,mm;

R_x ——X 方向测量精度,mm;

R_y ——Y 方向测量精度,mm;

F_{OV-x} ——X 方向目标尺寸,mm;

F_{OV-y} ——Y 方向目标尺寸,mm;

P ——摄像机对准常数;

X_{pixels} ——X 方向像素个数;

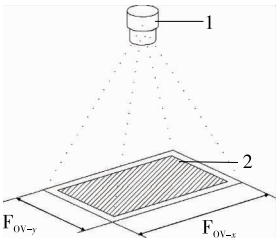
Y_{pixels} ——Y 方向像素个数。

将表 1 各参数代入上述关系式中,可得 $F_{OV-x} = 220.22$ mm, $F_{OV-y} = 330.22$ mm, $X_{pixels} = 1\ 100$, $Y_{pixels} = 1\ 650$ 。图像采集过程中摄像头目标尺寸与皮壳产品关系如图 2 所示。

表 1 研究需要的各项参数和要求

Table 1 Parameters and requirements for the study

精度要求/mm	最大产品尺寸/mm	相机接口	X 轴摄取范围/mm	Y 轴摄取范围/mm	对准常数
<0.2	210×320	USB	600	600	0.1



1. 摄像头 2. 皮壳

图 2 图像采集

Figure 2 Image capture

镜头选用时焦距确定公式为:

$$M_i = \frac{H_i}{H_0}, \quad (5)$$

$$F = \frac{D_0 M_i}{1 + M_i}, \quad (6)$$

式中:

M_i ——摄像机放大倍率;

H_i ——传感器尺寸,mm;

H_0 ——皮壳实际视场大小,mm;

D_0 ——皮壳与镜头直线距离,mm;

F ——焦距,mm。

装置中 WP-UFV500M 摄像机,其设计 $D_0 \leq 500$ mm,拟定 $D_0 = 400$ mm,传感器尺寸为 6.17 mm×4.55 mm,计算得到 $M_i = 0.015\ 6$, $F = 6.144$ mm。选用 6 mm 的定焦镜头,计算得 $D_0 = 405$ mm,因此选定摄像机镜头安装位置与输送带距离为 405 mm。

1.2 喷胶单元

喷胶单元胶在通过视觉系统对产品皮壳图像进行识别和定位后进行喷胶,采用喷胶方式对产品皮壳进行上胶作业可实现对每个产品皮壳的精确、均匀、适量上胶。

某礼盒产品皮壳上胶区域上胶顺序如图 3(b)所示,1~3 区分别为 3 个待上胶区域。划分的 1 区为内壳放置粘合区,2 区和 3 区为压合单元粘合区域,考虑到时间顺序在上胶机构喷头进行喷胶作业时需要先选择 1 区,之后再行 2 区及 3 区待上胶区域进行上胶。图 3 中虚线为对皮壳上胶时喷头运动轨迹,运动轨迹根据喷头喷胶范围在需上胶区域和无需上胶区域、上胶区域和输送带

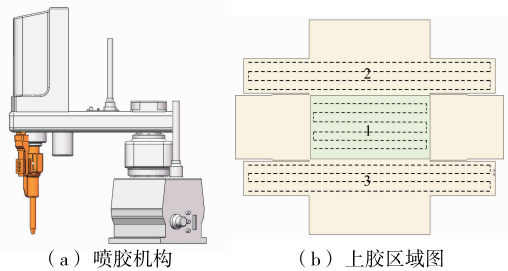


图 3 上胶作业

Figure 3 Gluing operation

区域预留合理距离,避免产生不良产品。

1.3 抓取单位

抓取单元设计为末端安装气动吸盘的六自由度机械臂,末端吸盘位置可以根据不同礼盒产品几何特征进行合理调节,实现产品内壳的平稳吸附和放置^[8]。使用气动吸盘完成抓取工作,可以避免对质量较轻的内壳造成损坏,同时也能根据内壳质量及其材质调节吸盘吸力,避免影响产品的表面质量。

六自由度吸附式抓取机械臂需要完成内盒抓取、放置、皮壳位置调整等系列复杂动作,所以后文对其运动进行了计算机仿真分析。

1.4 压合单元

压合单元如图4所示,由折边模组、下吸附平台、上压板3个主要部件组成。其中折边模组设置橡胶辊与折边推板,满足皮壳与内壳周边位置的折边粘合和推平作业,上压板与包装盒上盖接触处同样设置橡胶,折边推板表面设置海绵,使用橡胶、海绵与礼盒产品表面接触可有效保护产品表面的印刷质量。压合单元在产品放置下吸附平台底部设置回转机构,下吸附平台与设备底座由旋转轴连接,旋转轴可使下吸附平台位置可自由上下伸缩及角度旋转调节。

2 皮壳图像处理

皮壳图像处理主要包括皮壳图像的预处理与皮壳图像的特征检测,经过图像处理流程后能有效检测出皮壳图像的边缘与压痕特征。

2.1 皮壳图像预处理

2.1.1 皮壳图像灰度化 采用平均值法对皮壳图像进行灰度化处理,平均值法是对红色分量 R 、绿色分量 G 以及蓝色分量 B 分别进行平均值计算,并将平均值计算结果赋予 RGB 3个像素分量,实现灰度化后的图像灰度值与原彩色图像的 RGB 值相同,使得 $G_{ray} = (R + G + B) / 3$,其中 G_{ray} 为灰色。平均值法灰度化处理结果如图5所示。

2.1.2 皮壳图像均衡化 对皮壳图像进行直方图均衡化处理可以更好地突显皮壳图像中的压痕特征以及边缘轮

廓。该处理是以调整皮壳图像的灰度值来扩大图像中背景传送带和目标皮壳的灰度差,以达到增强传送带和皮壳的对比度的目的,图6(a)为皮壳灰度图像,图6(b)为均衡化处理后的皮壳图像。其原理为对所采集的皮壳图像进行非线性拉伸,使图像灰度值能在整个灰度区间均匀分布,而不是局部集中,最后达到图像像素值被重新分配的效果,使得皮壳图像中一定范围的像素数量能够趋于一致^[9]。图像均衡化前后灰度值分布如图7所示。

2.2 皮壳图像特征检测

2.2.1 皮壳图像角点检测与二值化 通过Harris角点检测算法处理图8(a)皮壳灰度图可以标定出图像中皮壳的拐角特征,结果如图8(b)所示,通过已标定的角点特征可实现皮壳图像中目标皮壳特征的分割,进而可通过分割

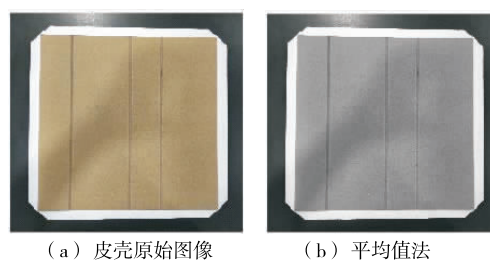


图5 皮壳图像灰度处理

Figure 5 Gray processing of shell image

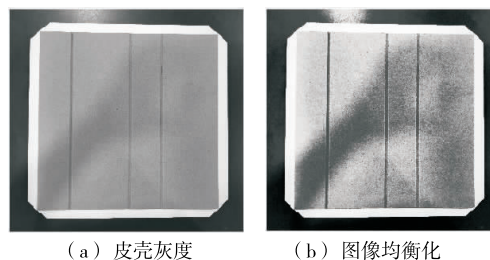


图6 直方图均衡化

Figure 6 Histogram equalization

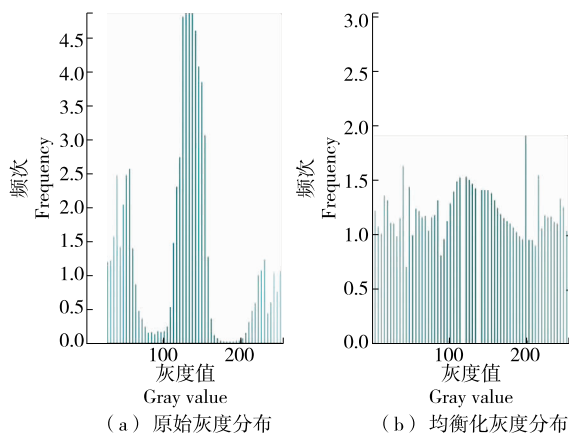


图7 灰度值分布

Figure 7 Gray value distribution

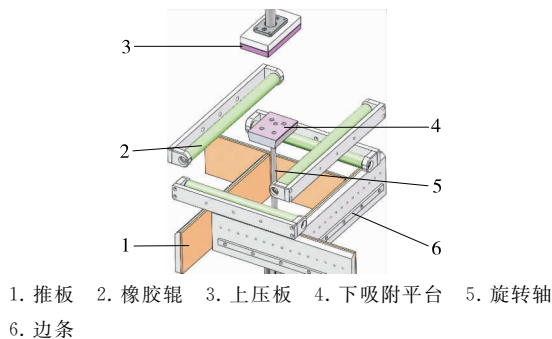


图4 压合机构

Figure 4 Pressing mechanism

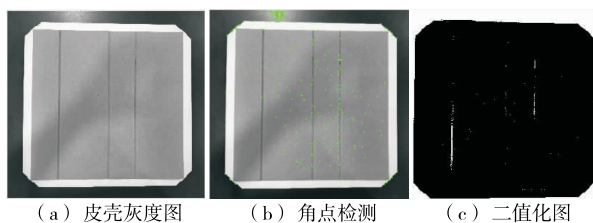


图 8 角点检测与边缘检测

Figure 8 Corner detection and edge detection

后的皮壳特征对皮壳边缘及压痕特征进行提取,保障了后续皮壳图像识别处理的高效准确。图 8(c)为皮壳二值化图像,二值化的目的是进一步简化灰度图像,使图像中的信息更加纯粹,边缘亮度变化更加明显,滤除不需要的弱边缘,使边缘处理后的图像轮廓更加清晰。

2.2.2 皮壳压痕特征检测 通过检测算子即可实现皮壳压痕特征的检测,分别使用 Sobel 检测算子和 Canny 检测算子对皮壳图像进行压痕特征检测,对比其处理结果。

(1) Sobel 检测算子是一种一阶导数的边缘检测算子,属于离散型差分算子,分离出皮壳图像中压痕与边缘轮廓时采用计算图像中灰度梯度值的方式。计算时使用 3×3 模版作为核分别与图像中每个像素点作卷积运算,最后选取合适的阈值即可提取图像中皮壳的压痕与边缘特征。设 G_x 为皮壳图像横向灰度值、 G_y 为皮壳图像纵向灰度值, A 为原始图像,则有:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot A, \quad (7)$$

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \cdot A. \quad (8)$$

式(7)、(8)中, x, y 表示图像上像素点 (x, y) 处的灰度值,图中每个像素点的灰度值为:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (9)$$

像素灰度值公式可以进一步变形为:

$$|G| = |G_x| + |G_y|. \quad (10)$$

图像中该点的梯度方向:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right). \quad (11)$$

(2) Canny 检测算子的检测原理是对二位的高斯模板和图像进行卷积运算,过程:

$$\begin{cases} G(x, y, \sigma) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma^2}(x^2 + y^2)\right], \\ g(x, y) = G(x, y, \sigma) \cdot f(x, y) \end{cases}, \quad (12)$$

式中:

$f(x, y)$ ——输入图像;

$g(x, y)$ ——进行平滑后的图像。

使用 2×2 的模板取一阶有限差分梯度值分别为 $p(i, j) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix}$ 和 $q(i, j) = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{bmatrix}$, 梯度幅值和方位角的求解公式为:

$$\begin{cases} M(i, j) = \sqrt{p(i, j)^2 + q(i, j)^2} \\ \theta(i, j) = \arctan \frac{q(i, j)}{p(i, j)} \end{cases}. \quad (13)$$

Canny 算子的实现本质上是运用数学模型实现皮壳图像特征检测的目的,其步骤:① 对输入的皮壳图像预处理以降低边缘识别的错误率;② 计算梯度幅值和方向来推算出皮壳图像中每一位置点的边缘强度与梯度方向;③ 根据梯度方向对梯度幅值进行非极大值抑制;④ 用双阈值处理并对皮壳边缘点进行连接,呈现出完整的皮壳压痕边缘特征。

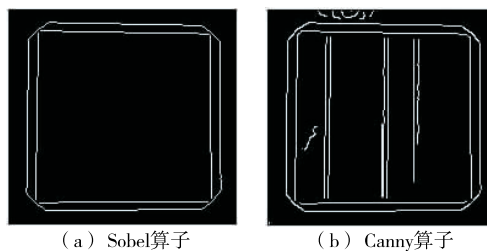
通过两种边缘检测算子对皮壳图像处理后,得到图 9(a) Sobel 算子的处理结果与图 9(b) Canny 算子的处理结果,由两种算子边缘特征检测效果可以看出相对于 Sobel 算子, Canny 算子对皮壳特征检测的效果更好。皮壳边缘和传送带底色分离效果较明显且皮壳特征信息凸显得更多。

3 机械臂运动仿真分析

试验主要使用 Matlab 软件中的工具箱对六自由度吸附式抓取机械臂进行模拟仿真分析。机械臂在仿真运动中需要根据裱盒粘合作业要求设定具体位置参数,依靠末端吸附装置吸附内壳对皮壳定位并进行粘合作业,通过对关节角度变化进行分析获取运动参数才能实现对机械臂运动路径的最佳规划,最终实现机械臂各关节运动配合及合理化分析^[10]。如图 10、11 所示为机械臂整体简易模型与机器人 Simulink 程序模块。

采用每一关节相对于机械臂基坐标的运动变量描述方式对吸附式抓取机械臂关节运动进行仿真试验^[11]。现对机械臂在裱盒包装粘合作业中对产品内壳的抓取并将内壳放置在皮壳上作业时的运动进行模拟仿真,整体作业周期设定运动时间为 10 s,机械臂在 10 s 作业期间各个关节运动相对于基坐标的运动曲线如图 12 所示。

图 12 中关节 1 位置变化曲线为机械臂底座在抓取



(a) Sobel算子

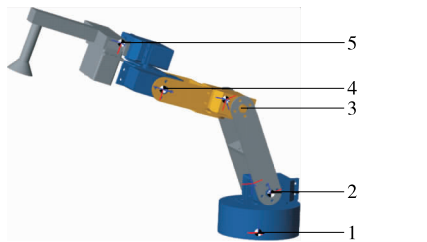
(b) Canny算子

图 9 图像特征检测

Figure 9 Image feature detection

产品内壳后逆时针旋转 90° ,图中关节 1 位置变化曲线停顿时间为内壳在皮壳上放置粘合作业时间,停顿时间结束后底座顺时针旋转 90° 回到起始位置,完成内壳放置粘合作业;关节 2、关节 3、关节 4 位置变化曲线分别为机械臂粘合作业时 3 个关节的运动变化特征;因在对机械臂运动作业设定时将关节 5 设置旋转角度,因此关节 5 位置变化曲线无运动特征变化。通过对机械臂运动过程中每个关节运动变量变化情况进行分析可以有效地了解机械臂的运动状态及各个关节之间的配合。因机械臂模拟仿真试验中内壳的放置粘合运动作业未涉及腕摆动作,因此运动仿真时只涉及 5 个关节运动变化。

试验使用机器人工具箱设定机械臂末端吸附装置运动轨迹,将三维路径轨迹进行二维平面投影,计算出机械臂末端吸附装置运动到皮壳位置点的运动数据,运动曲线投影使用二维平面坐标显示^[12]。图 13 为机械臂运动时末端吸附装置相对于基坐标的位移、速度、加速度曲线



1. 关节 1 2. 关节 2 3. 关节 3 4. 关节 4 5. 关节 5

图 10 简易机械臂模型

Figure 10 Simple robot model

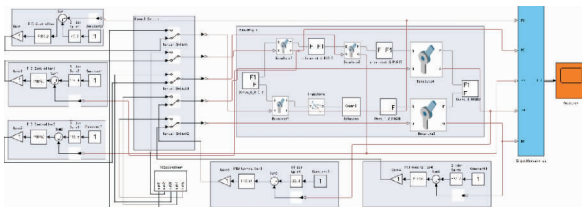


图 11 机器人程序模块

Figure 11 Robot program module

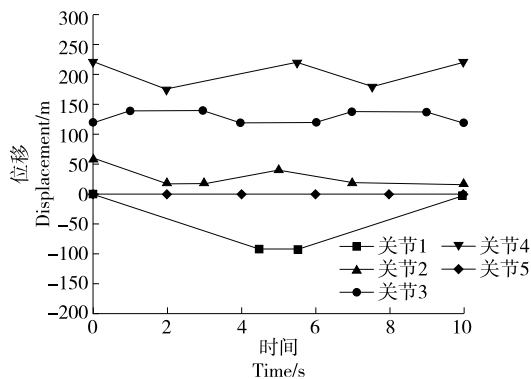


图 12 关节运动数据曲线

Figure 12 Joint motion data curve

变化情况。

仿真试验可以获取在实现粘合包装作业运动时其各个关节位移、移动速度、加速度等数据的实时变化情况,各关节的运动特性是机械臂仿真运动中最主要的表现,对机械臂进行仿真运动分析可以有效地验证机械臂的运动性能^[13]。上述仿真试验规划并分析了机械臂在执行包装作业过程中的一段运动路径,进而使用工具箱对生产过程中机械臂末端吸附装置运动路径与预先设定的运动路径进行路径拟合试验,结果如图 14 所示。

对比图 14 中的两条曲线可以看出路径轨迹拟合效果较好,机械臂依照预先规划的运动路径轨迹进行运动,满足包装粘合作业中误差范围内的定位作业^[14]。

4 结论

(1) 对机构各单元进行设计建模,并分析各单元需要满足的工序功能,通过各单元的功能实现进行装配组合

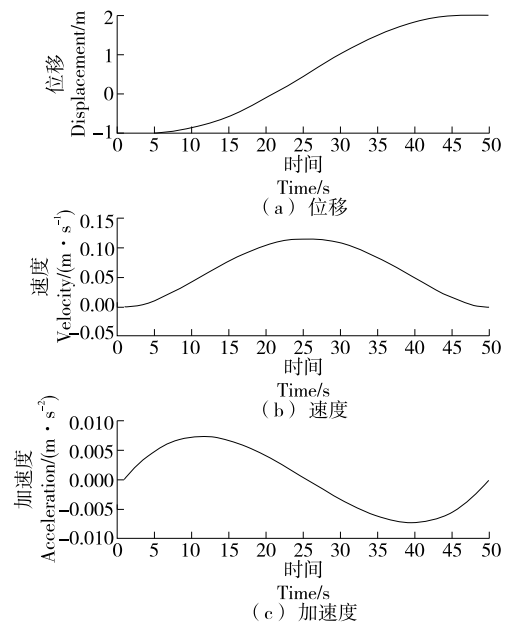
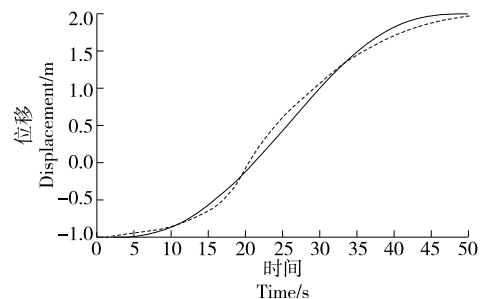


图 13 位移、速度、加速度曲线

Figure 13 Displacement, velocity and acceleration curve



虚线为机械臂末端吸附装置在模拟仿真时预先设定的运动路径轨迹,实线为在模拟包装生产实际的运动轨迹

图 14 运动路径拟合

Figure 14 Motion path fitting

提供一套完整机构模型。

(2) 对采集的产品皮壳图像进行预处理后,进行皮壳图像的压痕与边缘轮廓特征检测,对比 Sobel 检测算子与 Canny 检测算子的图像处理结果,得到 Canny 检测算子对皮壳特征检测的效果更好的结论。

(3) 运用 Matlab 机器人工具箱对六自由度吸附式抓取机械臂进行运动学分析验证并创建物理模型进行生产作业仿真试验,来进一步分析机器人在运动过程中关节变化情况,最终规划最优运动路径满足产品的包装粘合生产作业。

参考文献

- [1] 章延象. 浅谈礼盒包装的工艺[J]. 上海包装, 2017(2): 16-22.
- [2] 秦绍兵. 礼盒包装的结构设计与材料选择[J]. 印刷技术, 2016(6): 31-32.
- [3] 李一欣, 赵明岩, 周乔君, 等. 鸡枞菌锥形削根装置设计[J]. 食品与机械, 2020, 36(2): 110-114.
- [4] 包装机械工业现状: 向高速、高效、高质方向发展[J]. 今日印刷, 2020(6): 32-34.
- [5] 王志伟. 自动化在包装机械中的应用和展望解析[J]. 山东工

业技术, 2017(3): 18.

- [6] 孙楚材. 自动化技术在包装机械中的应用和展望[J]. 南方农机, 2020, 51(9): 127-128.
- [7] 袁盼, 林超亮, 何奇, 等. 创新设计在现代包装机械中的应用研究[J]. 科技经济导刊, 2019, 27(12): 91.
- [8] 计时鸣, 黄希欢. 工业机器人技术的发展与应用综述[J]. 机电工程, 2015, 32(1): 1-13.
- [9] 张中良. 基于机器视觉的图像目标识别方法综述[J]. 科技与创新, 2016(14): 32-33.
- [10] 陈磊, 唐倩. 六自由度关节型喷涂机器人结构设计及分析[D]. 重庆: 重庆大学, 2015: 36-39.
- [11] HASSAN A, ABOMOHARAM M. Modeling and design optimization of a robot gripper mechanism[J]. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 2017, 46: 94-103.
- [12] KUWAO Fumihito, MOTOHASHI Shoichi, HAYASHI Masato, et al. Dynamic characteristics of JEMRMS[C]// International Symposium on Space Technology and Science. Omiya: [s. n.], 1998: 1 118-1 123.
- [13] 云洋, 宋华, 徐炳吉. 六自由度工业机械臂运动学仿真研究[J]. 机械科学与技术, 2018(8): 1 167-1 176.
- [14] 孙亮, 马江, 阮晓钢. 六自由度机械臂轨迹规划与仿真研究[J]. 控制工程, 2010, 17(3): 388-392.

(上接第 17 页)

- [13] XAVIER C, ANDREU G C, NORA C, et al. Electronic tongues to assess wine sensory descriptors[J]. Talanta, 2017, 162: 218-224.
- [14] ZHOU Hua-ying, LUO De-han, GHOLAM H H, et al. Identification of Chinese herbal medicines with electronic nose technology: Applications and challenges[J]. Sensors, 2017, 17(5): 1 073.
- [15] 叶芳艳, 左木林, 朱万龙, 等. HS-SPME-GC/MS 法分析中缅甸树尿液的化学成分[J]. 兽类学报, 2018, 38(1): 85-94.
- [16] MOTILVA M J, TOLDRA F, NIETO P, et al. Muscliclelipsis phenomenon in the processing of dry-cured ham[J].

Food Chemistry, 1993, 48(2): 121-125.

- [17] PAN B S, KOU J M. Flavor of shell fish and Kamabokoil-avourants [M]. New York: Blackie Academic and Professional, 1994: 85-114.
- [18] BERDAGUE J L, DENOYER C, LE QUERE J L, et al. Volatile components of dry-cured ham[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1991, 39(7): 1 257-1 261.
- [19] 乔发东, 马长伟. 宣威火腿加工过程中挥发性风味化合物分析[J]. 食品研究与开发, 2006, 27(3): 24-29.
- [20] 张发庆. 有机化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2012: 200-204.
- [21] FLORES M, SPANIER A M, TOLDRA F. Flavor analysis of dry-cured ham[M]. [S.l.]: Aspen Publishers Inc, 1998: 320-341.

(上接第 59 页)

参考文献

- [1] 王坤. 食品安全监管疑难问题探究[J]. 食品安全导刊, 2018(30): 12.
- [2] 张洪成, 陈汉宝. 食品安全的刑法保障之评析: 以《刑法修正案(八)》为视角[J]. 河北法学, 2012(11): 107-112.
- [3] 于海洋. 食品安全民事侵权问题研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2018: 39.
- [4] 何华莎. 食品安全事故中潜在受害者救济问题研究[D]. 重庆: 西南政法大学, 2017: 28.
- [5] 周一虹. 基于食品安全领域的消费公益诉讼机制研究[D]. 北

京: 中国社会科学院研究生院, 2015: 23.

- [6] 陈业宏, 洪颖. 食品安全惩罚性赔偿制度的法经济学分析[J]. 中国社会科学院研究生院学报, 2015(5): 81-85.
- [7] 张强强. 食品安全法中惩罚性赔偿制度的适用探析[D]. 兰州: 兰州大学, 2016: 46.
- [8] 刘慧萍, 裴明珠. 农产品质量安全责任保险的地方实践与法治进路: 质量兴农战略下农业保险的创新探索[J]. 学术交流, 2019(5): 65-73.
- [9] 崔晓丽. 食品安全领域检察民事公益诉讼惩罚性赔偿机制研究[J]. 中国检察官, 2020(10): 54-58.
- [10] 裴宝莉. 食品消费惩罚性赔偿责任的完善维度[J]. 食品与机械, 2020, 36(3): 80-83, 90.