

一种盒装食品装箱控制系统设计与研究

Design and research of a control system for boxed food packing

李愈娜¹ 陈锐鸿²

LI Yu-na¹ CHEN Rui-hong²

(1. 广州工商学院管理学院, 广东 广州 510850; 2. 广州城市理工学院机械工程学院, 广东 广州 510800)

(1. School of Management, Guangzhou College of Technology and Business, Guangzhou, Guangdong 510850, China; 2. School of Mechanical Engineering, Guangzhou City College of Technology, Guangzhou, Guangdong 510800, China)

摘要:目的:提高装箱机的适应性及装箱效率。方法:根据当前装箱行业的需求,研究盒装食品的装箱方法,综合运用 PLC、伺服电机、触摸屏等技术,通过变址算法、点位调用、点位排列等技术方法,开发一套不同产品快速切换的装箱工作站控制系统。结果:系统将传送带上的盒装食品通过伺服的绝对坐标控制,快速地完成抓取、移动、装箱等动作。结论:系统通过计算、仿真及现场测试,能够快速地完成盒装食品的柔性装箱,适用于大多数盒装食品的装箱作业,且提高了装箱效率,抓取速度最快达 2.2 s/次。

关键词:盒装食品;装箱机;控制系统;点位;柔性

Abstract: **Objective:** This study focuses on improving the adaptability and efficiency of packing machine. **Methods:** According to the needs of the current packing industry, the packing methods of boxed food, comprehensively using PLC, servo motor, touching screen and other technologies were investigated, and a set of packing workstation control system for rapid switching of different products were developed, through addressing algorithm, point call, point arrangement and other technical methods. **Results:** the system could control the boxed food on the conveyor belt through the absolute coordinates of the servo, and quickly complete the grasping, moving, packing and other actions. **Conclusion:** Through calculation, simulation and field test, the system can quickly complete the flexible packing of boxed food, which is suitable for most boxed-food packing opera-

tions. Consequently, the efficiency of packing is improved, and the fastest grasping speed is 2.2 s/time.

Keywords: boxed food; packing machine; control system; key position; flexible

装箱是生产线最后一环^[1],也是食品出厂前的最重要包装工序之一。装箱机是一种将盒装产品按一定的顺序自动或半自动地装入运输包装的设备,其产品有长方体、不规则体、圆状、板状、条状等。盒装食品通常指食品经初次包装后装入待售的盒子,如月饼、饼干、蛋糕等^[2],出厂前需将其装箱^[3]。

目前,中国自动化装箱生产线大多是基于固定产品的装箱,对产品尺寸有严格限制。葛畅等^[4-5]利用伺服电机将瓶子装入箱子,实现了瓶子的快速装箱;陈落根等^[6]以直角坐标机器人进行袋装奶粉的装箱;韩基伟等^[7]以 delta 机构实现装箱的工作空间及轨迹规划。目前,中国的装箱机械以机器人和专用装箱设备为主,缺少能够实现不同尺寸产品装箱、快速柔性地设置的装箱设备。食品加工厂应对客户的需求,需要不断地更换包装尺寸和外包装箱样式,工业机器人^[8-10]对于中小企业来说成本高,且需要专门的维护人员,增加了生产成本。综上,现有的装箱机无法在不同产品之间进行快速切换,因此未被广泛推广和应用。文章拟从盒装产品的特性出发,研究如何将盒装食品快速装入箱子,通过开发一台柔性的装箱工作站,具备快速设置包装路线、快速切换不同尺寸产品类型的柔性设置功能,且设备制造成本相对于工业机器人有更高性价比。工作站设有 X 轴、Y 轴、旋转轴 3 个自由度^[11],采用伺服电机和同步带结构,以实现能够快速定位到物品位置进行抓取,以及产品位置偏移、旋转装箱等动作,旨在提升工作站满足不同产品的装箱需求,满足装箱的快速作业。

基金项目:广东省哲学社会科学规划学科共建项目(编号:GD18XYJ23);广州工商学院质量工程建设项目(编号:ZL20201203);广州城市理工学院质量工程建设项目(编号:52JY211301)

作者简介:李愈娜,女,广州工商学院助理研究员,硕士。

通信作者:陈锐鸿(1983—),男,广州城市理工学院高级实验师,硕士。E-mail:Chenrh@gcu.edu.cn

收稿日期:2021-04-10

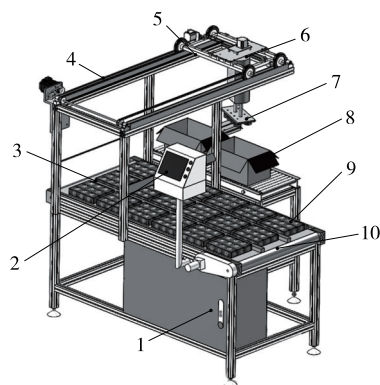
1 装箱工作站设计

1.1 工作站结构

装箱工作站由传送带、移动平台、箱子传送带、气缸等构成(图 1),装箱机械手位于传送带上方,X 轴、Y 轴采用双同步带拉动的方式带动机械手移动,在各移动方向上分别设置前限位、后限位、原点,旋转轴则采用齿轮传动机构旋转吸盘机械手。

1.2 系统工作流程设计

盒装食品在传送带上根据导向槽排列依次向前传送,为了加快传输效率,导向槽可以根据工件大小进行调整,将盒子排成 2 列或者 3 列。系统启动前,需将 X 轴、Y 轴及旋转轴分别回归原点,使工作站完成原点校验,原点回归完成后,系统可以进行自动启动。针对不同食品盒子大小不同的情况,机械手可以根据盒子的位置进行示教,将抓取的位置在触摸屏输入参数,并根据工件的不同将点位进行排序。当工件向前传送时,传送带前端传感器检测到有盒子时,机械手进行快速抓取,然后提升,平移将盒子根据示教的装箱方式快速地装入到箱子中,系统动作流程如图 2 所示。



1. 控制柜 2. 操作箱 3. 传送导向槽 4. X 轴 5. Y 轴 6. 旋转轴(I 轴) 7. 吸盘机械手 8. 待装箱子 9. 盒装食品 10. 来料传送带

图 1 工作站总体图

Figure 1 Overview of workstation

1.3 电气控制系统设计

系统采用三菱 FX3U 系列 PLC 作为主控制器,Proface 触摸屏作为人机交互设备,X 轴、Y 轴、旋转轴采用伺服电机系统。PLC 作为工业上常用的控制器,其结

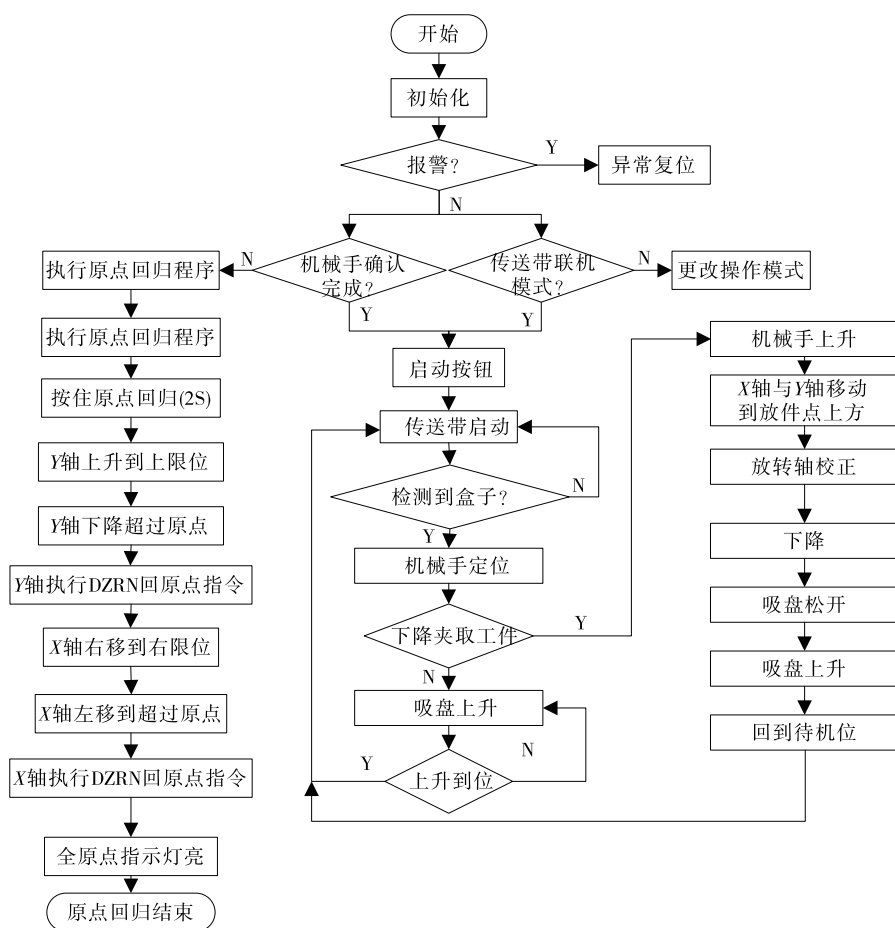


图 2 装箱工作站系统工作流程图

Figure 2 System work flow of packing workstation

构简单,功能强大,可以快速实现工业自动化系统的搭建,是当前主流的工业控制器^[12]。触摸屏是作为操作及数据修改的人机交互系统,通过设计参数界面,用户可以柔性地进行修改数据,查看设备运行状态,排除设备故障。装箱机以工作站的方式引入到生产线中,可以与生产线进行对接,并将装好的箱子与封箱机对接,实现装箱与封箱无缝一体化工作,从而实现装箱的全自动化生产。电气控制系统组成主要由 PLC 控制器、触摸屏、伺服电机及其他传感器等外围设备组成(图 3)。

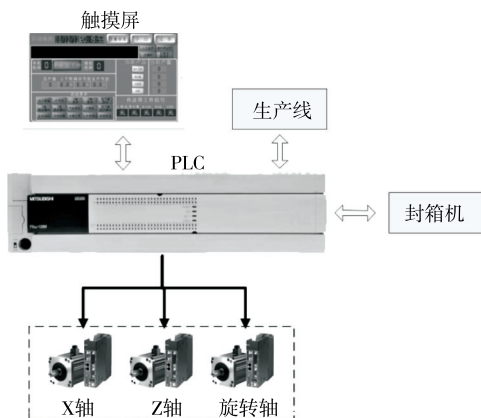


图 3 电气控制系统组成

Figure 3 Composition of electrical control system

2 系统功能设计

2.1 系统回原点程序设计

回原点是指当机械手首次开机前,机械手原点确认工作(见图 2),当系统检测到机械手未进行原点确认或伺服电机因为报警而丢失初始位置时,系统提示需要回原点,由操作者按“原点回归”执行回原点任务:① 升降气缸抬起;② X 轴往前移动一段距离,再执行回归原点;③ 执行 Y 轴原点回归;④ 执行旋转轴原点回归。

2.2 机械手定位程序设计

文章设计的机械手为三轴机械手,采用点位示教的方式记录每个点的位置,根据装箱机的动作要求,通常可以分为以下几个点:① 原点位,也称待机位;② 取件点上方,多个导槽拥有多个取件点上方位置;③ 抓取工件点,不同导槽抓取点位置也不同;④ 抓取点上方位置;⑤ 装箱点上方位置;⑥ 装箱位置,也称放件位置。一个动作流程通常是以点位①~⑥的顺序完成。

针对 PLC 的循环扫描工作方式,伺服控制的方法有绝对坐标和相对坐标控制,两者各有优点,相对坐标控制方法是在前一点的基础上移动相对的距离,这种方法对于机器的示教要求较高,不适用于不断变化的位置。而绝对坐标是对每次定位的坐标以原点为参考的位置进行定位的方法,文章采用绝对坐标控制方法,能够快速定位

到所需要的点位。三菱 FX3U 系列 PLC 的绝对定位指令为 DDRVA,将位置 D100 和速度 D106 采用 DDRVA 指令发送给伺服驱动器,伺服驱动器根据接收到的脉冲信号进行定位,机械手到位后,反馈到位信号,方便机械手执行下一动作。

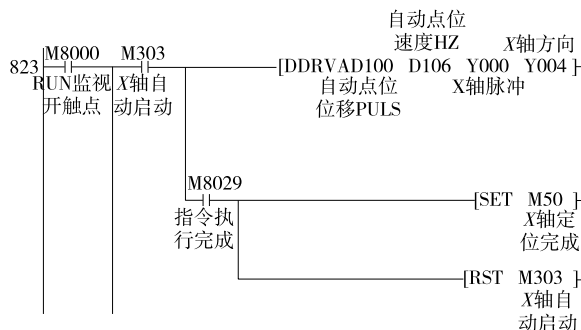


图 4 机械手绝对定位

Figure 4 Absolute positioning of manipulator

2.3 机械手点位数据调用方法

根据 PLC 循环扫描工作原理,机械手每次只执行一个机械点位的定位,每次同时执行 3 个轴的定位,因此,为了简化编写程序,需将机械手的点位数据存储在 PLC 的断电保持数据寄存器中,每次根据需要将数据调用出来,传送给 D100 和 D106 两个 32 位的数据寄存器,为方便使用,采用变址寻址的方式将点位的数据调用给 DDRVA 指令。其程序如图 5 所示,Z0 是调用的变址寄存器,由于存储的数据是 32 位的浮点数,占用了两个数据寄存器,因此调用的点位数据需将点位的地址乘以 2,再将位置的数据乘以转换比例,然后求整数再赋值给 D100,D100 即为 PLC 发送的脉冲数,同样的方法将当前点的速度也传送给 D106,由此即实现了不同点位位置和速度的调用。

点位调用数据寻址:

$$X \text{ 轴位置: } D(1\ 000 + z \times 2), \quad (1)$$

$$X \text{ 轴速度: } D(1\ 500 + z \times 2), \quad (2)$$

$$Y \text{ 轴位置: } D(2\ 000 + z \times 2), \quad (3)$$

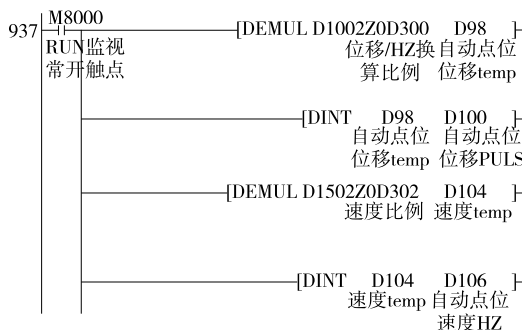


图 5 机械点位变址寻址程序

Figure 5 Addressing program of mechanical point

- Y 轴速度: $D(2\ 500+z \times 2)$, (4)
 I 轴位置: $D(3\ 000+z \times 2)$, (5)
 I 轴速度: $D(3\ 500+z \times 2)$, (6)
 式中:

z ——当前点位序号;

D1000——X 轴首个点位位置;

D1500——X 轴首个点位速度;

D2000——Y 轴首个点位位置;

D2500——Y 轴首个点位速度;

D3000——I 轴首个点位位置;

D3500——I 轴首个点位速度。

3 基于触摸屏的机械点位示教设计

3.1 点位示教方法

机械手的点位示教方法与其他机器人的示教方法一致,机械手进行原点确认后,手动移动机械手后,其坐标值如图 6 所示,如果当前点是所需要的点位,可以将点位当前位置输入到相应序号的点位中,如待机位,将当前位置的坐标值输入到 3 个轴的位置对话框,并进行相应的速度设置,输入完成后可以进行当前点位的再现,选中当前点位的序号值,如待机位的 01,在确保安全的情况下,点击三轴联动,则系统完成机械点位的再现动作。

序号	点位名称	X轴位置	X轴速度	Y轴位置	Y轴速度	I轴位置	I轴速度
10	放件点3上方位置	100.00	50	50.00	50	50.00	123
09	放件点2上方位置	220.00	50	100.00	100	50.00	123
08	放件点1上方位置	320.00	50	100.00	100	50.00	123
07	取件点3位置	420.00	50	100.00	100	50.00	123
06	取件点2位置	520.00	50	100.00	100	50.00	123
05	取件点1位置	620.00	50	100.00	100	50.00	123
04	取件点3上方	720.00	50	100.00	100	50.00	123
03	取件点2上方	820.00	50	100.00	100	50.00	123
02	取件点1上方	920.00	50	100.00	100	50.00	123
01	待机位	100.00	50	100.00	100	50.00	123

图 6 机械手点位位置示教设置

Figure 6 Teaching setting of manipulator point position

3.2 装箱机械手路径规划化

装箱机械手需要根据装箱的工件大小,采用不同的堆叠方法,为方便不同的产品装箱,试验工作站采用顺序排列的点位调用装箱动作,通过触摸屏设置不同盒子每一层的装箱策略,机械手路径是通过不同的点位依次执行,完成装箱动作。因此,每一个产品的每一层路径都有差别,即执行的点位序列有差别。为拓展机械手的通用性,将不同点位序列排序。如图 7 所示,序号 1 即代表是一种序列,其最多可以执行 10 个点位,同时也设置了夹取点和松开点的位置。当 PLC 执行自动动作时,通过调用所需要的序列,机械手可以依次执行序列中的点位。

机械手点位序列自动动作测试,在确保安全的情况

下,在图 7【程序调用】前数字框位置输入所需要执行的序列,点击【程序调用】,PLC 将序列读取到程序中,点击【程序启动】,PLC 按照读取的序列依次进行点位执行。当到达夹取点位时,机械手执行抓取动作,到达松开位置,机械手执行放件动作。

序号	总点数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	等待	夹	松
10	8	1	2	5	2	8	20	8	1	0	0	0	3	6
9	8	1	4	7	2	10	19	10	1	0	0	0	3	6
8	8	1	3	6	2	9	18	9	1	0	0	0	3	6
7	8	1	2	5	2	8	17	8	1	0	0	0	3	6
6	8	1	4	7	2	10	16	10	1	0	0	0	3	6
5	8	1	3	6	2	9	15	9	1	0	0	0	3	6
4	8	1	2	5	2	8	14	8	1	0	0	0	3	6
3	8	1	4	7	2	10	13	10	1	0	0	0	3	6
2	8	1	3	6	2	9	12	9	1	0	0	0	3	6
1	8	1	2	5	2	8	11	8	1	0	0	0	3	6

图 7 机器人程序点位排序操作界面

Figure 7 Point sort of robot program

3.3 位置点调用及程序点调用

程序点位排序与调用是针对当前任务的点位序列串,例如:机械手的点位执行通常是移动到取件点位置→下降→夹取工件→夹取工件上方→放件位置上方→放件位置→放件位置上方→待机位。机械手自动执行点位路线,并根据所设点位序号位置给予夹取工件或者放下工件,采用三菱 SFRD 先入先出指令,每次读取一个点位序号,其梯形图程序如图 8 所示,M352 每次读取一个点位序号给 PLC 执行伺服定位。

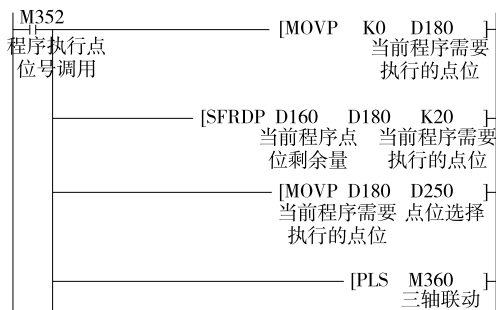


图 8 顺序读取点位程序

Figure 8 Program of sequential reading point

4 控制程序及触摸屏设计

4.1 手动程序设计

工作站的手动程序设计是根据需要将各个动作元件的手动操作在触摸屏上进行设置。手动操作是机械手示教的主要界面,操作员可以将机械手手动移动到所需位置,也可以对气缸等动作执行元件进行手动操作,其操作界面如图 9 所示。

4.2 自动控制程序设计

装箱机的自动运行画面可以反映当前设备的运行情

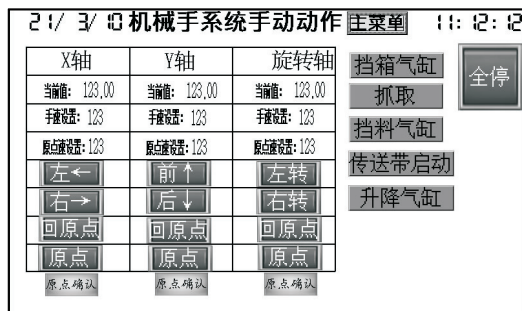


图9 机械手手动操作界面

Figure 9 Manual operation interface of manipulator

况,显示常用的数据,同时也显示报警的相关信息。装箱机的启动条件是各个轴回到原点,且原点确认完成,其运行画面如图10所示。当启动条件满足时,按【自动启动按钮】,系统开始启动进行装箱工作。如果装箱数量与设定数量一致时,箱子传送带启动,并将已装好的箱子移出待装箱区,机械手等待下一个箱子的到达,然后重新进行启动装箱并开始计数。

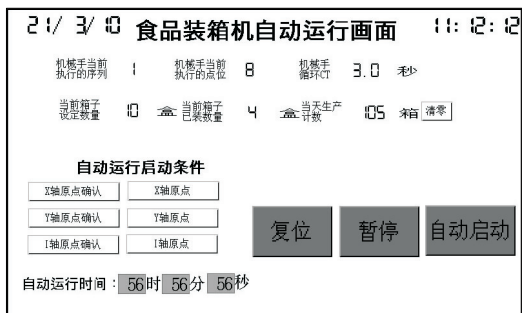


图10 自动运行画面

Figure 10 Screen of automatic operation

4.3 电机额定转矩计算

装箱机的参数指标:X、Y轴水平往复运动,最大行程 $L_x = 1\,000\text{ mm}$,同步带转动,往复运动周期 $T = 4\text{ s}$,重复定位误差 $\leq 0.5\text{ mm}$;平台运动质量 $M = 5.5\text{ kg}$ 。

4.3.1 运动学计算 设加速时间为 0.1 s (伺服电机一般取加速时间为 $0.1 \sim 1.0\text{ s}$),则加减速时间为 0.1 s ,且加减速过程平均速度为最大速度 $1/2V_{\max}$,故:

$$L_x = 0.1 \times V_{\max}/2 + 1.8 \times V_{\max} + 0.1 \times V_{\max}/2 = 1\,000\text{ mm}。$$

$$\text{得 } V_{\max} = 1\,000 / (0.1 + 1.8) \approx 526.32\text{ mm/s}。$$

夹取或松开需要电机停止转动,产生等待时间,故取 $V = 800\text{ mm/s}$,则

$$\text{加速度 } a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{800}{0.1} \approx \frac{8\,000\text{ mm/s}}{\text{s}} = 8\text{ m/s}^2 = 8\,000\text{ mm/s}^2;$$

$$\text{加速距离 } S_1 = S_0 + V_0 + \frac{1}{2} a t^2 = \frac{1}{2} \times 8\,000 \times 0.1^2 = 40\text{ mm}。$$

4.3.2 动力学计算

$$\text{同步带拉力 } F = Ma + f, \quad (7)$$

$$\text{摩擦力 } f = \mu Mg。 \quad (8)$$

设导轨摩擦系数 $\mu = 0.1$,则摩擦力 $f = 0.1 \times 5.5 \times 10 = 5.5\text{ N}$,惯性力 $F_1 = Ma = 5.5 \times 8 = 44\text{ N}$,故同步带所需拉力 $F = F_1 + f = 44 + 5.5 = 49.5\text{ N}$ 。

4.3.3 电机力矩计算

$$T = (J \times \epsilon + T_L) / \eta, \quad (9)$$

式中:

T ——同步带轮上力矩, $\text{N} \cdot \text{m}$;

T_L ——系统外力力矩, $\text{N} \cdot \text{m}$;

η ——传动系统效率, %。

装箱机使用同步带进行传送,所以转动效率为1。

$$\text{故 } T = F \times \varphi / 2 = 49.5 \times 0.045 / 2 = 4.46\text{ N} \cdot \text{m}。$$

考虑到同步带轮的摩擦和转动惯量等因素,同时步进电机在高速时扭矩大幅下降;一般留 $30\% \sim 50\%$ 余量,装箱机留 50% 的力矩余量和转速余量。

$$\text{则 } T_{\text{总}} = 4.46 \times 1.5 = 6.69\text{ N} \cdot \text{m}。$$

综上,传动输出转矩在 $6.69\text{ N} \cdot \text{m}$ 以上即可满足要求。

5 工作站使用情况

通过对月饼、饼干、蛋黄派3种常见食品的盒子进行装箱试验。由表1可知,使用过程中每盒的装箱时间为 $2 \sim 4\text{ s}$,根据每箱盒子数,装箱时间在 30 s 以内。

当前生产线上装箱通常需要2人左右,速度为 2 min/箱 ,而工作站将来料与封箱生产线串联起来,通过引入自动化装箱机能够省去2个人的用工成本,在效率上,一箱大约 30 s ,在省去人工成本的同时,还提高了生产效率。装箱工作站在成本上相对工业机器人有很大的

表1 装箱工作站食品装箱使用数据

Table 1 Data of packing workstation

食品种类	盒子尺寸(长×宽×高)/ (cm×cm×cm)	箱子尺寸(长×宽×高)/ (cm×cm×cm)	每盒动作 时间/s	每箱装盒 数量	每箱完成 时间/s
月饼	16×16×10	20×40×40	2.5	8	20.0
饼干	25×19.5×12	30×40×50	3.2	8	25.2
蛋黄派	19.5×10×6	20×20×40	2.2	12	26.4

优势,同时采用 PLC 与触摸屏设计的控制系统,工作稳定,效率高,在中小企业中具有较高的推广价值。

6 结论

文章设计的三轴机械手装箱工件站基于伺服控制器及数据变址的算法,能够有效地实现不同盒装食品的装箱,系统对不同盒子装箱的适应性强。在工作站投入使用前需对各个点位的数据进行示教,通过触摸屏在程序中进行预设置,并保存到 PLC 数据中。当工作站自动运行时,根据点位排序依次执行机械手的各个点位流程,能够快速有效地实现将盒装食品装入到相应的箱子中,从而实现盒装食品的装箱功能,系统操作简单,通用性较强。试验设计的装箱工作站作业需要传送带对产品进行导向,影响其动作效率的发挥,导向传送带的要求也较高,后续将引入视觉引导定位抓取,实现不同姿态下的抓取,以提高工作站装箱的智能化及更好的适用性。

参考文献

- [1] 郭会元. 精裱纸盒自动化生产线关键技术研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2019: 5-8.
GUO Hui-yuan. Research on key technology of automatic production line of fine mounting carton[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2019: 5-8.
- [2] 王纯贤, 郭会元, 高世安, 等. 精裱纸盒自动装箱工作站设计与开发[J]. 现代制造工程, 2019(8): 114-119.
WANG Chun-xian, GUO Hui-yuan, GAO Shi-an, et al. Design and development of fine carton automatic packing workstation [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2019(8): 114-119.
- [3] 句秋月, 贾志闻, 李小江. 基于 SIMOTION 的机器人装箱工艺包的开发[J]. 包装与食品机械, 2020, 38(5): 47-49, 54.
JU Qiu-yue, JIA Zhi-wen, LI Xiao-jiang. Development of robotic packing technology package based on SIMOTION [J]. Packaging and Food Machinery, 2020, 38(5): 47-49, 54.
- [4] 葛畅. 基于 PLC 的伺服装箱机控制系统的设计[J]. 包装与食品机械, 2019, 37(4): 40-42.
GE Chang. Design of servo boxing machine control system based on PLC[J]. Packaging and Food Machinery, 2019, 37(4): 40-42.
- [5] 张弘韬, 孙之尧. 智能化绿色快递包装设计研究[J]. 绿色包装, 2021(4): 59-62.
ZHANG Hong-tao, SUN Zhi-yao. Research on intelligent green express packaging design[J]. Green Packing, 2021(4): 59-62.
- [6] 陈落根, 贾志闻, 朱俏俏, 等. 袋装奶粉自动装箱机的设计与研究[J]. 包装与食品机械, 2019, 37(5): 34-37.
CHEN Luo-gen, JIA Zhi-wen, ZHU Qiao-qiao, et al. Design and research of automatic packing machine for bagged milk powder[J]. Packaging and Food Machinery, 2019, 37(5): 34-37.
- [7] 韩基伟, 孟钢钳. Delta 机构的装箱机器人的工作空间及轨迹规划[J]. 食品工业, 2021, 42(3): 216-219.
HAN Ji-wei, MENG Gang-qian. Workspace and trajectory planning of boxed robots based on delta mechanism[J]. Food Industry, 2021, 42(3): 216-219.
- [8] 陈锐鸿. 基于 PLC 控制的多工位码垛系统设计与实现[J]. 包装工程, 2018, 39(17): 159-164.
CHEN Rui-hong. Design and implementation of multi-station palletizing system based on PLC control [J]. Packaging Engineering, 2018, 39(17): 159-164.
- [9] 杜建, 冯渝, 朱学建, 等. 基于运动控制器的立式袋装箱机控制系统设计[J]. 食品与机械, 2017, 33(3): 93-95.
DU Jian, FENG Yu, ZHU Xue-jian, et al. Design of control system for vertical bag packing machine based on motion controller[J]. Food & Machinery, 2017, 33(3): 93-95.
- [10] 刘长生, 单葆虹, 邵思程. 小型袋装食品自动装箱机器人设计及运动仿真[J]. 信息记录材料, 2019, 20(12): 180-181.
LIU Chang-sheng, SHAN Bao-hong, SHAO Si-cheng. Design and motion simulation of small automatic packing robot for bagged food[J]. Information Recording Materials, 2019, 20(12): 180-181.
- [11] 管树龙. 数控车床自动上下料机械手结构设计[J]. 内燃机与配件, 2021(7): 75-77.
GUAN Shu-long. Structure design of automatic loading and unloading manipulator for CNC lathe[J]. Internal Combustion Engine & Parts, 2021(7): 75-77.
- [12] 陈锐鸿, 谭兆湛. 变速箱齿轮啮合测试机上下料机械手设计[J]. 机床与液压, 2020, 48(3): 41-46.
CHEN Rui-hong, TAN Zhao-zhan. Design of loading and unloading manipulator for gearbox gear meshing tester[J]. Machine Tool & Hydraulics, 2020, 48(3): 41-46.
- [13] 秦敏. 基于深度学习的花卉图像分类识别模型研究[D]. 桂林: 广西师范大学, 2020: 12-15.
QIN Min. A study on the classification and recognition model of flower images based on deep learning[D]. Guilin: Guangxi Normal University, 2020: 12-15.
- [14] 谭涛. 基于卷积神经网络的随机梯度下降优化算法研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020: 13-19.
TAN Tao. Research on stochastic gradient descent optimization algorithm based on convolutional neural network [D]. Chongqing: Southwest University, 2020: 13-19.
- [15] 吕恩辉, 王雪松, 程玉虎. 基于反卷积特征提取的深度卷积神经网络学习[J]. 控制与决策, 2018, 33(3): 447-454.
LU En-hui, WANG Xue-song, CHENG Yu-hu. Deep convolution neural network learning based on deconvolution feature extraction[J]. Control and Decision, 2018, 33(3): 447-454.
- [16] 王锦, 赵德群, 邓钱华, 等. 基于自适应动量因子的 BP 神经网络优化方法研究[J]. 现代信息科技, 2019, 3(7): 11-13.
WANG Jin, ZHAO De-qun, DENG Qian-hua, et al. Optimization method of BP neural network based on adaptive momentum factor[J]. Modern Information Technology, 2019, 3(7): 11-13.

(上接第 37 页)