

基于 Delta 并联机器人的禽蛋智能捡拾试验

张 磊 王树才

华中农业大学工学院, 武汉 430070

摘要 针对当前禽蛋加工生产线中分段处置过程工序多、生产线长、累计破损率大、设备成本高等问题, 采用一种基于机器视觉的 Delta 并联机器人, 实现在生产线上将合格禽蛋捡拾到标准蛋盘并按照一定的顺序逐层整齐摆放的高速智能捡拾。通过基于视觉的动态禽蛋个体进行定位, 确定不同搬运路径的智能轨迹规划, 对实现智能捡拾的机器人控制程序进行设计并对禽蛋智能捡拾进行测试。结果表明, 采用基于视觉的 Delta 并联机器人可以实现禽蛋智能捡拾和装盘工作目标, 机器人运行速度达 1 250 mm/s, 捡拾效率为 0.414~0.447 枚/s, 漏检率小于 3.33%。

关键词 禽蛋; Delta 并联机器人; 机器视觉; 运动控制

中图分类号 TP 241.3; S 24 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)03-0117-08

1985 年以来, 我国禽蛋生产量一直位居世界第一^[1], 产生的经济价值在农业产业中具有重要分量, 但出口份额相对生产总量比例较低。美国、荷兰、马来西亚等国的禽蛋总产量虽然不大, 但在国际市场占有较大的市场份额。禽蛋的分拣和包装是禽蛋加工生产过程中两个重要的环节, 目前我国的中小型养鸡场主要以人工捡蛋、人工包装为主要途径, 既费力又费时, 缺乏竞争力。国内部分企业的机械化装置虽然能实现自动搬蛋功能, 但每次搬运是通过摆杆机构运动, 由于柔性低导致禽蛋容易破损; 搬运过程需要双输送通道, 每次必须将蛋托整齐摆放, 如果出现角度偏差, 导致整盘蛋全部掉落, 对企业造成很大损失。禽蛋自动化加工高效且质量更有保证, 更能适应国际市场对于卫生安全的需求。大型禽蛋加工企业, 如荷兰 MOBA 公司、日本 NABEL 公司拥有整套完整的自动化生产线, 但是价格不菲且机构庞大, 一般企业难以使用。

国内部分研究人员对禽蛋自动捡拾与搬运装置进行了研究^[2~6]。如王鹏云^[2]在输送线上设置拨动手指, 通过手指搭配, 实现 5×5 和 2×4 鸡蛋包装; 徐敏雅^[3]设计并仿真了三通道并轨式禽蛋处理及分级包装生产机械系统, 并优化了结构中的一些关键

性的参数, 证实了该机构的适用性和可行性; 汪泉等^[4]设计一种可实现对禽蛋整理及搬运的机械手, 通过电机键动大螺旋齿轮, 大螺旋齿轮与 6 个小螺旋齿轮啮合, 通过小齿轮带动橡胶上指张合, 进行鸡蛋抓取与放置工作; 苑进等^[5]、周雨程等^[6]设计禽蛋自动捡拾系统, 为减少成本, 未使用机器视觉。但是, 目前成本低且能真正实现禽蛋自动捡拾功能的机械仍有待进一步的研究与完善。

Delta 并联机器人具有速度高、精度高和智能性等优点, 被广泛应用于食品、医疗、电子等行业的搬运作业。在食品行业中, 对完成分类的食品进行分拣, 将目标单个或者整箱在生产线上进行搬运, 如肉品行业领头羊双汇公司和乳企的领军者伊利、蒙牛均运用并联机器人对加工产品进行搬运装箱。目前, 国内学者相关研究集中于机器人的设计与测试^[7~8]、将机器人运用到农产品生产加工中^[9~14]以及配合机器视觉完成智能动作^[15~18]等方面。

本研究联合机器视觉与 Delta 并联机器人, 设计加工具有翻转功能的单枚吸盘末端执行器, 通过对比不同路径选取最优放置方案, 应用于禽蛋智能包装过程, 为禽蛋智能捡拾装置的研制开发提供参考。

收稿日期: 2017-04-26

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(201303084)

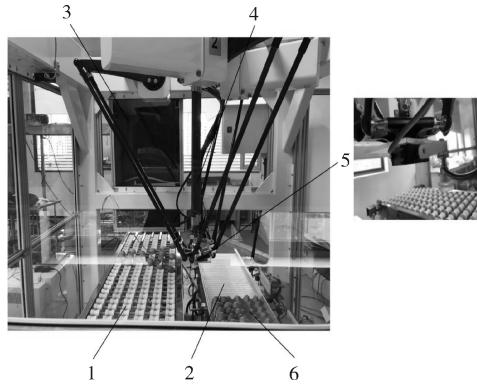
张 磊, 硕士。研究方向: 农产品加工技术与设备。E-mail: 604369948@qq.com

通信作者: 王树才, 博士, 教授。研究方向: 农产品加工技术与设备, 机电一体化。E-mail: wsc01@mail.hzau.edu.cn

1 材料与方法

1.1 试验样机整体结构

基于机器视觉和 Delta 并联机器人的禽蛋自动捡拾实验装置由禽蛋输送线、包装箱输送线、机器视觉系统、Delta 并联机器人本体、吸盘末端执行器和机器人控制系统组成。其中,禽蛋输送线可以实现 6 排禽蛋变速输送,与禽蛋加工企业实际使用的禽蛋加工生产线的输送装置相同;包装箱输送线用于输送整箱整盘禽蛋或空包装箱;2 条输送线上均安装了增量式旋转编码器;机器视觉系统安装在禽蛋输送线的一端,它可以拍摄生产线上的禽蛋图像并获取每枚禽蛋的位置信息;末端执行器是具有翻转功能的单枚禽蛋捡拾吸盘;机器人本体为新松公司生产的 4 自由度 Delta 并联机器人;并联机器人和吸盘末端执行器用于完成禽蛋的智能分拣、包装过程中禽蛋的搬运。



1. 禽蛋输送线 Egg delivery line; 2. 包装箱输送线 Carton conveyor line; 3. 相机暗箱 Camera box; 4. 四自由度 Delta 机器人主体 4-DOF Delta robot body; 5. 具有翻转功能的单枚吸盘末端执行器 Single sucker end effector with flip function; 6. 蛋托 Egg tray.

图 1 实验装置总体分布图

Fig.1 Overall diagram of testing device

1.2 试验方法

根据禽蛋智能包装的工作要求,禽蛋在输送线上随着托辊运动,经过相机视野区域,相机通过拍照获取图像,通过调试相机软件,选择 HSV 颜色灰度过滤,将褐色禽蛋从白色输送线的背景分离出来,基于禽蛋外形建立一个椭圆形模型,设置适当相似度获取目标,数据以 ASCII 的格式通过以太网与机器人通讯,将符合要求的目标的质心位置获取并将其传输给并联机器人运动控制器。并联机器人运动控制器通过相机传送过来的目标坐标,配合安装在禽

蛋输送线上的旋转编码器,并联机器人实时感知被识别目标的位置,当目标运动至并联机器人的抓取空间时,机器人运动到目标上方,通过单枚吸盘末端执行器将禽蛋拾取,按照指定运动轨迹将禽蛋拾取并放置到鸡蛋托盘中。

1.3 基于视觉的动态禽蛋个体定位

1) 相机标定。在使用相机前,需要完成相机的标定,将相机视野中的像素坐标转换为机器人世界坐标系中的实际坐标。首先,确定相机坐标系 X、Y 方向。将自身假想为相机,背靠着相机固定台。原点在自己的左上方,与自己平行方向为 X, 垂直方向为 Y。由此可以确定相机 X、Y 方向。其次,确定比例系数。单位像素距离与所代表的实际长度之间存在一个比例系数。在标定纸上画出 2 段垂直的线段 OA、OB,选取其长度为 10 cm, 放置在相机视野区域, OA、OB 方向分别按照相机的 X、Y 轴方向, 在软件中读取 OA 在 X 轴方向上的像素坐标差值, 读取 OB 在 Y 轴方向上的像素坐标差值, 即可确定 X、Y 方向的像素坐标与实际尺寸的比例系数。最后,确定参考点。在相机视野中选取 1 个点, 将此点作为参考点, 手动测量机器人 TCP (tool center point) 位置与参考点的 X 方向和 Y 方向的实际长度差, 此长度为相机坐标系与机器人坐标系的偏移量, 此后相机视野的目标均以此参考点为对照。

2) 禽蛋定位。根据动态禽蛋个体定位过程的要求,利用调试软件对相机进行调试,对图像进行处理,通过调试不同算法和参数,完成对禽蛋的视觉定位。采用欧姆龙公司 FZ 系列下的 FZ-SC5M2 产品,配套的调试软件是 FZ_FH_FJ Remote Operation Tool 软件,在计算机上安装好此软件。从输送线上抓取禽蛋,放置于包装线上,操作步骤:

① 简化背景影响。输送线由链条带动辊托运动。链条做周期性运动,因此,在某个图像中会出现上下 2 层的辊托,辊托的不断运动,在相机视野中组合出现多种复杂背景,给图像的目标检测带来很大的干扰,为此,将一块整齐洁净的木板置于输送线中间,将其位置固定,隔绝下层输送线带来的影响,为后续图像处理做好铺垫。

② 图像输入 FH。设定相机读入图像的条件。软件可以连接多台相机,开始需要选择相应相机,本研究中只使用 1 台相机,选择第 1 台相机为相机 0。

③ 相机条件设定。根据测量对象的移动速度设置合适的快门速度。如果测量对象快速移动且图像

模糊,应选择更快的快门速度。通过调试将快门速度设置为 $2000 \mu\text{s}$ 时满足要求,成像清晰。初次安装相机,进行白平衡设定,结果表明,当 $R=2.134$ 、 $G=1.245$ 、 $B=1.956$ 时,成像清晰,能真实反映拍摄图像。

④颜色灰度过滤。针对目标对象为禽蛋,采用灰度过滤将禽蛋轮廓与环境区分出来,比较处理结果,选取了 HSV 方式过滤,调节 3 个因素参数,包括基准色调(设定 HSV 方式过滤的基准色调)、色调范围(将以基准色调为中心设定的范围划分为 255 个,求得色差)、饱和度(设定饱和度的上限值/下限值)。

⑤形状搜索。检测对象是禽蛋,禽蛋外形轮廓一致为椭球体。将图像图案作为模型登录,从输入图像中找出与模型最相似的部分,处理轮廓信息。

⑥模型登录。在相机的视野中放置抓取目标,通过椭圆形对其外轮廓进行描绘,椭圆形略大于实际尺寸最佳,否则超出模型大小的目标无法正确拾取,将椭圆形作为模型登录。

⑦区域设定。针对禽蛋输送线的具体情况,可以将检测区域从原本的整块区域设置为单独只有禽蛋运动的六列矩形区域,确保不会错过检测目标,还可以减少环境因素带来的干扰。特别是两列托辊之间的连杆,连杆颜色与禽蛋外壳较为相似,在检测中带来很大的干扰。独立的识别区域在提高检测率的同时还可以提高运算速度。

⑧测量参数。禽蛋由于个体存在差异,一个特定的椭圆形作为模型登录并不能适合每个禽蛋,因此,设置一个区间,由相似度决定。通过试验调试,选择相似度为 80% 时可以将禽蛋识别,且正确率高。因为禽蛋是在 XY 平面上输送,所以会带有两个方向的坐标,沿输送线运动的为 X,垂直运动方向的为 Y,为了优先抓取先检测到的禽蛋,将禽蛋 X 升序为输出方式,这样在前面检测到的会优先抓取。抓取顺序如图 2 所示。

⑨串行数据输出。每个串行数据输出模块含有 8 个输出,第 1 个模块中第 1 个是检测到的数量,第 2 个为第 1 个检测目标的 X_1 坐标,第 3 个为第 1 个检测目标的 Y_1 坐标,第 4 个为第 1 个检测目标的倾斜角度 θ_1 ,以此类推。设置多个串行数据输出,传输 1 次检测到的多个目标信息。串行数据的输出格式中,通讯方式为以太网,输出形式为 ASCII。其

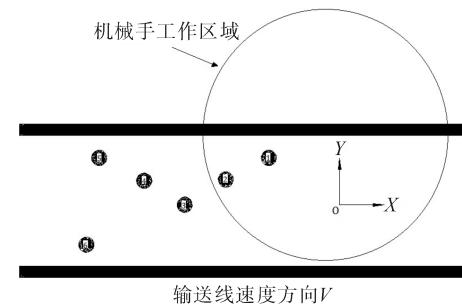


图 2 抓取顺序

Fig.2 Grab order

中,整数位数设置为 4 位数,小数位数设置为 2 位数,负号用“-”表示,正号不需要表示,字段分隔符用空格表示,记录分隔符用分隔符表示。

1.4 从禽蛋输送线到包装输送线的禽蛋智能拾拾轨迹规划

在计算机上安装机器人控制软件 TwinCat,通过交换机以以太网方式连接并联机器人运动控制器,实现对运动控制器的控制。在禽蛋的智能拾拾过程中,禽蛋的放置位置存在多种可能^[18],将 8 种常用放置方式分别写入并联机器人的路径中,这 8 种放置方案分别是从蛋托的 4 个角开始,按照逐行或者逐列放置。对于每种不同的放置方案,拾取对象均为 30 枚禽蛋,且禽蛋在禽蛋输送线上的放置方式相同,保证外界因素的一致性。选取不同放置方案,通过比较拾取成功的个数和完成全部禽蛋包装所需时间评价拾拾效果。

通过在计算机上安装 TwinCAT 软件控制运动控制器,主要用到该软件中的 TwinCAT System Manager 和 TwinCAT PLC Control 两部分。其中 TwinCAT System Manager 完成系统硬件配置,包括系统的所有外接端口的连接; TwinCAT PLC Control 完成逻辑程序的编写和机器人算法的运行。

需要确定程序如下:

```
PosPick2.x:=0;
PosPick2.y:=0;
PosPick2.z:=PosPick1.z;
PosPick2.c:=PosPick1.c;
```

相机通过对图像处理获得并联机器人的拾取点 PosPick2 的 X、Y 坐标,传给机器人,机器人通过设置好旋转编码器的系数来实现目标位置迭代,程序中 X、Y 坐标表示和目标同步;由于相机只能获取 X、Y 方向的信息,Z 方向的坐标和 C 轴旋转角度根

据试验情况进行调试来确定,通过设置 PosPick1 的值对 PosPick2 的 Z、C 进行调整。

```
PosPlace1.x:=6.0;
PosPlace1.y:=383.7;
PosPlace1.z:=-160;
PosPlace1.c:=0;
```

其中,PosPlace1 为机器人末端执行器拾取后放置的第 1 个位置,8 种不同的放置方案对应 4 个不同的初始放置点,分别为蛋托的左上角、右上角、左下角、右下角。在禽蛋的智能包装过程中,蛋托是放在固定位置,蛋托的 4 个角的具体位置也随之确定,通过并联机器人的视角获取。

```
PosPlace2.x:=PosPlace1.x-row_i * length;
PosPlace2.y:=PosPlace1.y-line_j * width;
PosPlace2.z:=PosPlace1.z+layer_k * hight;
PosPlace2.c:=PosPlace1.c;
```

其中,PosPlace2 为拾取禽蛋后的放置位置,放置位置是以第 1 个位置为基础改变的,程序中的正负号决定了下一位置与上一个位置的偏移方向。

```
row:=5;
line:=6;
layer:=1;
length:=50;
width:=50;
hight:=50;
```

其中, row 为放置的行数, line 为放置的列数; layer 为层数, length 为放置的横向间隔, width 为放置的纵向间隔, hight 为层高。考虑到蛋托的实际参数,禽蛋拾取放置到蛋托中时,将行数设置为 5, 列数设置为 6, 层数为 1, 横向间隔与纵向间隔均为 50 mm, 层高为 50 mm。

当初始放置点为蛋托左上角,逐行放置时,放置方向是右下;当放置点在右上角,逐列放置时,放置方向是左下,以此类推。

```
IF layer_k<(layer-1) THEN
    IF row_i<(row-1) THEN
        IF line_j<(line-1) THEN
            line_j:=line_j+1;
        ELSE
            line_j:=0;
            row_i:=row_i+1;
```

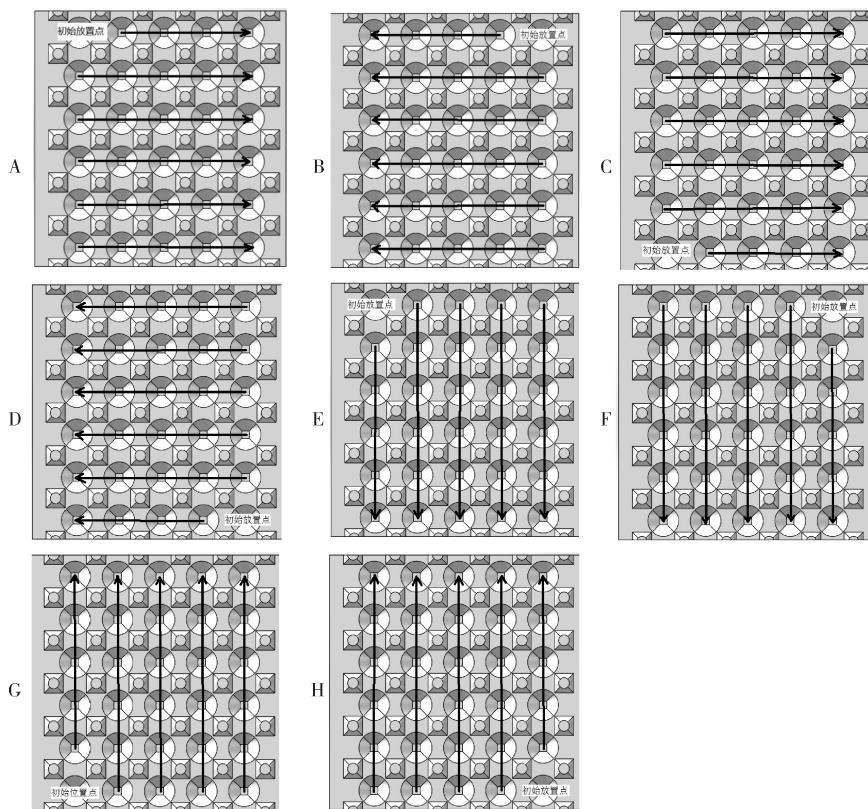
```
END_IF
ELSE
IF line_j<(line-1) THEN
    line_j:=line_j+1;
ELSE
    line_j:=0;
    row_i:=0;
    layer_k:=layer_k+1;
END_IF
END_IF
ELSE
IF row_i<(row-1) THEN
    IF line_j<(line-1) THEN
        line_j:=line_j+1;
    ELSE
        line_j:=0;
        row_i:=row_i+1;
    END_IF
ELSE
    IF line_j<(line-1) THEN
        line_j:=line_j+1;
    ELSE
        layer_k:=0;
        line_j:=0;
        row_i:=0;
    END_IF
END_IF
END_IF
```

根据以上逻辑,机器人可以依次逐行将托盘装满。

通过上述程序,可以对禽蛋拾取位置、禽蛋放置位置、禽蛋放置方式进行设置,满足禽蛋对常用蛋托的 8 种常规放置功能。具体放置方式如图 3 所示。

1.5 翻转功能末端执行器的结构与运动方式

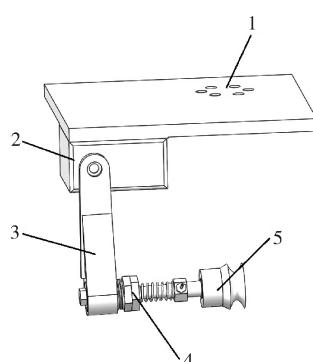
具有翻转功能的末端执行器的结构如图 4 所示。末端执行器由底板上的 6 个环形孔通过螺栓连接到 Delta 并联机器人的 TCP(tool center point) 处, 舵机固定在底板上, 吸盘与金属底座连接, 舵机与底座由一个连杆连接, 通过单片机控制舵机转动 0°与 90°改变末端执行器拾取禽蛋的位姿。



A-H; 放蛋方案规划路径 1~8 Egg program planning path 1-8.

图 3 8 种放蛋方案

Fig.3 Eight kinds of putting egg program



1.连接并联机器人 TCP 的底板 Bottom plate connecting the parallel robot TCP; 2.舵机 Steering engine; 3.连杆 Connecting rod; 4.吸盘底座 Sucker base; 5.吸盘 Sucker.

图 4 具有翻转功能的单枚吸盘末端执行器

Fig.4 Single sucker end effector with flip function

舵机控制程序如下:

```
#include<reg52.h>
```

```
#define uint unsigned int
```

```
sbit pwm=P2^0;
```

```
sbit control=P2^7;
```

```
void delayms(uint xms)
```

```
{
    uint i,j;
    for(i=xms;i>0;i--)
        for(j=60 ;j>0;j--);
    }
void main()
{
    while(1)
    {
        if(control==0)
        {
            pwm=1;
            delayms(1);
            pwm=0;
            delayms(39);
            while(control==0);
        }
        if(control!=0)
        {
            pwm=1;
        }
    }
}
```

```

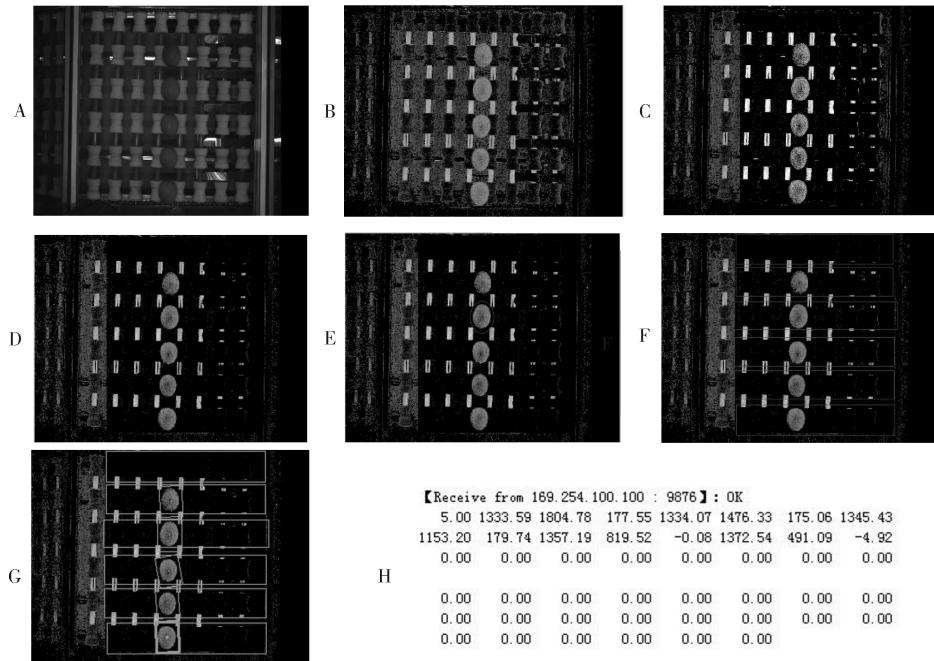
delayms(3);
pwm=0;
delayms(37);
while(control!=0);
}
}
}

```

2 结果与分析

2.1 机器视觉定位结果

调试相机软件,对输入图像进行HSV颜色灰度过滤,得到清晰的图像;清除背景,并以 5×5 为掩膜尺寸进行收缩;将图像的识别区域分为独立的6个区域,在保证识别目标的同时将托辊周边干扰排除。调试软件与网络助手进行通讯,网络助手的协议类型选择TCP Client,服务IP地址设置为相机IP:169.254.100.100,服务器端口号设置为9876,在输入指令后,获得相应的目标坐标,此时视觉定位成功,且通讯方式正确。通过多次实验,确认相机可以识别目标。调试过程如图5所示。总数为30枚禽蛋,对应8种不同运动轨迹,抓取准确率=抓取成功个数/视野识别总数×100%,最终测试结果中路径3、4、8的抓取准确率为100%,其他抓取方案准确率为96.67%。



A:图像输入后的效果 Effect of the input image; B:HSV方式颜色灰度过滤 Gray filter based on HSV color; C:背景消除后效果 Effect of eliminating background; D:以 5×5 为掩膜尺寸进行收缩后效果 Effect of the contraction size using 5×5 a mask; E:模型登陆后 After the model is logged in; F:设定好识别区域后 After setting the recognition area; G:形状搜索中测量效果 Measurement effect in shape search; H:通过通讯助手获取的结果 The result obtained by the communication assistant.

图5 图像处理流程对应效果图

Fig.5 Image processing process rendering

2.2 并联机器人运动规划结果

试验过程中,每种放置方案均搬运30枚禽蛋,为了比较不同放置方案路径的优劣,将禽蛋以相同的分布置于输送线上。包装输送线上部分固定部分凸起,故将机器人的抓取区域设置为X方向为-400 mm到400 mm,Y方向为-600 mm到500 mm,Z方向为-180 mm到50 mm,速率设置为25%,即速度达到1 250 mm/s,禽蛋输送线的转速为1 200 r/min,以避免机器人高速运动时发生碰

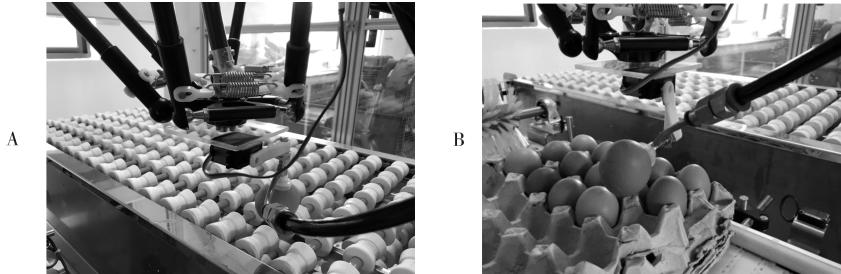
撞。试验中唯一的变量是放置方案路径,每种路径试验5次,取平均值,通过比较试验的抓取成功次数与从开始抓取第1枚禽蛋到完成最后1枚禽蛋所花总时间,选取最优的方案。方案1至8的抓取总时间分别为:70、68.5、68、67、70、68.5、67.5、68 s;抓取效率分别为:0.414 2、0.423 3、0.441 2、0.447 8、0.414 2、0.423 4、0.429 6、0.441 2 枚/s。按照8种放置方案规划进行试验,从抓取准确率来看,方案3、方案4和方案8的规划路径均为100%,可以将

检测到的 30 枚禽蛋全部拾取放置,其余方案规划路径有 1 枚没有拾取到。从抓取总时间看,方案 4 规划路径用时最短,为 67 s;方案 7 规划路径为 67.5 s;方案 3 和方案 8 的规划路径为 68 s。从抓取效率看,效率最高的是方案 4 规划路径,为 0.447 8 枚/s,其次是方案 3 和方案 8 的规划路径,为 0.441 2 枚/s。综上可知,在 8 种方案的规划路径中,方案 4 的规划路径为最优路径,此后放置路径均为此种方式。

2.3 捡拾放置过程中的翻转结果

输送线上的禽蛋横躺在蛋辊上运动,竖直放置

在蛋托中时这两个不同位置的禽蛋姿态将发生变化。在试验过程中要求末端执行器不仅要实现拾取放置禽蛋功能,还要具有翻转功能。其中,禽蛋的拾取与放置由真空吸盘与吸盘底座配合真空发生器完成,翻转由舵机完成。由光电传感器触发动作,通过单片机控制舵机转动 90°。机器人末端执行器在禽蛋输送线时状态是垂直向下,在赤道部位将禽蛋拾取,在运动到蛋托过程中,光电传感器触发,舵机转动 90°,此时禽蛋以竖直姿态放置到蛋托中,完成从生产线到包装箱的操作过程。



A:在输送线上识别禽蛋时,此时末端执行器为竖直状态 When identifying the egg on the conveying line, the end effector is in the vertical state at this moment; B:以码垛方式将禽蛋放置到包装线上时,此时末端执行器为水平状态 When the end-effector is horizontal, placed eggs on the packaging line by palletizing.

图 6 具有翻转功能单枚吸盘末端执行器抓取过程实物图

Fig.6 Grabing processes end effector with single corrugated thing

3 讨 论

在使用视觉定位过程中,通过 HSV 算法恰当的将褐壳鸡蛋的轮廓从白色禽蛋输送线上提取出来;合理的将视野识别区域划分为独立 6 块,减少了托辊颜色干扰的同时提高图像处理速度;通过目标模型的输入,在确认目标时减少处理时间,使得并联机器人可以迅速获取禽蛋动态的位置信息。针对禽蛋自动包装过程,对 8 种常用放置方案规划路径进行实验,比较各方案成功拾取数量和拾取总时间,获得最优放置方案路径。通过实验可知,最优放置方案路径为方案 4,能将 30 枚禽蛋全部拾取放置,且总共用时最少,为 67 s,在成功率和耗时方面都优于其他方案路径。在禽蛋包装实验过程中,当禽蛋输送线转速为 1 200 r/min 时,Delta 并联机器人运动速度为 1 250 mm/s,拾拾效率为 0.414 2~0.447 8 枚/s,漏检率小于 3.33%,运用能翻转的末端执行器,能完成禽蛋包装过程中的姿态变化。

由于本研究场地及样本量的限制,无法与企业的实际禽蛋捡拾与搬运生产线相结合使用,今后可以与企业合作,将本研究中的 Delta 机器人及智能

捡拾系统与企业实际生产线连接后再进行更深入的研究。此外,后期可以基于此研究进一步实现对禽蛋的识别定位及禽蛋破损与脏污的识别、剔除与大小分级,使基于机器视觉的智能搬运系统适用范围更广泛。在保证捡拾成功率的前提下,将输送线速度和并联机器人速度提高,以提高生产效率,配合实际生产过程。

参 考 文 献

- [1] 张超.禽蛋生产消费市场供需基本平衡[J].农产品市场周刊,2017(16):34-34.
- [2] 王鹏云.鸡蛋分级包装设备主要结构设计和运动仿真[D].杭州:浙江大学,2011.
- [3] 徐敏雅.三通道禽蛋分级生产线总体设计及包装机的研究[D].杭州:浙江大学,2013.
- [4] 汪泉,罗慧琪.可实现对禽蛋整理及搬运的机械手:中国,205704175U[P].2016-05-09.
- [5] 苑进,李扬,刘雪美,等.禽蛋自动捡拾系统结构设计及机械手运动规划[J].农业工程学报,2016,32(8):48-55.
- [6] 周雨程,王树才.鸡蛋质量大小分级生产线过渡输送装置的机构运动分析[J].华中农业大学学报,2017,36(5):113-118.
- [7] 商大伟.高速 Delta 并联机器人系统的集成与测试[D].青岛:中国海洋大学,2014.

- [8] 林明勇.基于机器视觉的并联机器人控制系统设计与实现[D].广州:广东工业大学,2016.
- [9] 王树才.禽蛋检测与分级智能机器人研究[D].武汉:华中农业大学,2006.
- [10] 刘继展,李萍萍,倪齐,等.番茄采摘机器人真空吸盘装置设计与试验[J].农业机械学报,2010,41(10):170-173.
- [11] 张兴国,倪远征,姜普泽田,等.禽蛋吸运分级机械手设计及研究[J].机床与液压,2012,40(3):1-4.
- [12] 胡小静.自动分拣鸡蛋平台智能控制系统研究[D].洛阳:河南科技大学,2013.
- [13] 张晨.基于单片机的禽蛋检测分级与包装控制系统研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2013.
- [14] 王至秋,李胜多,纪晶,等.禽蛋检测与装箱自动化装置设计[J].食品工业,2016(1):226-231.
- [15] 张平.禽蛋视觉分级装置配用吸运机构的研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2010.
- [16] 李明.运动食品机器视觉的识别与定位技术的研究[D].哈尔滨:哈尔滨商业大学,2014.
- [17] 白东升,李康.基于计算机视觉的高速机器人芒果分选系统设计[J].农机化研究,2017,39(8):231-233.
- [18] 刘继展,刘炜,毛罕平,等.面向立柱栽培的机器人移栽苗序与路径分析[J].农业工程学报,2014,30(5):28-35.

Studies on experimental device of egg intelligent handling based on parallel

ZHANG Lei WANG Shuai

College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China

Abstract The egg processing production line used in most of the egg processing enterprises in China lack of intelligent sorting equipment. Manual loading, sorting and packaging is generally used. Artificial methods are inefficient due to its high labor costs and risk of infection and contamination of eggs. The current egg processing line has some problems including disposal segment, multi-step, long production line, a large cumulative damage and high equipment costs and so on. A Delta-parallel robot based on machine vision was used to realize high-speed intelligent picking of eggs on the production line, which can pick up qualified eggs to the standard egg tray in accordance with a certain order by layer placed neatly. The completed dynamic positioning of the individual egg and the intelligent trajectory planning for different handling paths based on machine vision was studied. The robot control program was designed to achieve intelligent picking up. Experiments of pick up eggs and transfer them to an egg tray intelligently were conducted. Results showed that the use of delta parallel robot based on visual can realize the egg picking up and loading. Robot operating speed is 1 250 mm/s, with pick up efficiency of 0.414 2-0.447 8/s and leakage rate of less than 3.33%. It will provide technical support for the practical application of multi-robot division of labor.

Keywords egg; Delta-parallel robot; machine vision; motion control

(责任编辑:陆文昌)