

苹果分选机输送定位机构的设计

周钦红 张东兴

(中国农业大学 工学院, 北京 100083)

摘要 针对国内外苹果分选机在利用计算机图像识别系统进行苹果分级时,需要对每个苹果采集多帧图片,不仅耗时长,而且对梗萼凹陷与苹果真实缺陷易于混淆而影响分级精度的问题,设计了一种苹果分选机输送定位机构。该机构在系统进行图像采集之前,首先实现果梗垂直于水平面的定位,苹果平动输送过程中计算机视觉系统进行苹果图像采集和处理。由于在图像处理时无需再对梗萼凹陷进行识别,并简化了最大直径的确定过程,从而减少了图像处理时间,并可提高识别精度。试验结果表明,该定位机构对每个苹果的定位耗时多在4s之内完成,定位成功率达94%,可满足苹果在线实时检测的需求。

关键词 计算机视觉; 苹果分选; 输送定位机构

中图分类号 S 226.5

文章编号 1007-4333(2005)03-0036-04

文献标识码 A

Study on conveying and orientating section of an apple sorter

Zhou Qinrong, Zhang Dongxing

(College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract A conveying and orientating section of an apple sorter was developed aiming at the problems of confusion of stem and calyx and grading errors encountered in a common sorter equipped with computer vision system. When this mechanism is working, the apple can be oriented by the stem-calyx in vertical direction. The experiments indicated that the mechanism oriented apples succeed by 94%, took less than 4s for each apple, and met the requirements of a on-line detection. After the orientation, apples move with the conveyor while the computer vision system collects and processes images. It takes less time to process images and improves the precision for no distinguish of stem-calyx defects.

Key words computer vision; apple sorting; orientating and conveying mechanisms

目前计算机视觉技术已广泛地应用于苹果的在线检测中。国外研究比较成熟,如美国研制的 Merling 高速频计算机水果分级系统、OSCAR™ 型和 NERLIN 型高速水果分级生产线等已应用于实际生产中^[1]。我国于 20 世纪 90 年代开始研究利用计算机视觉进行苹果品质的检测^[2-3],目前上海、广州等地的科研院所研制的水果分选机械已基本实现了在线检测,但国内外分选机的输送系统大多采用辊子结构^[4],且无定位机构保证苹果的定向输送,苹果一边移动一边自身转动,安装在输送辊上方的摄像机需要采集苹果多个表面的图像,才能达到全

面检测的目的;由于苹果大小和形状不规则,因此其旋转速度不一致,难以保证其按同一轴线旋转;而摄像机是等间隔连续采集图像,这易造成图像的重采或漏采现象。研究人员对此进行了大量的理论研究^[5-7],也提出了多种识别算法,但由于对每个苹果都要进行多帧图片的处理,还要对梗萼凹陷与真实缺陷进行判别,因此无可避免地会对处理速度和识别精度造成影响。

针对上述情况,笔者拟设计一种具有定位功能的输送机构^[8],以期提高苹果分选机的工作效率和分选精度。

收稿日期: 2004-10-07

基金项目: 新西兰 ASIA DAF(亚洲发展援助基金)项目“Fruit Quality Assurance System Development”资助项目

作者简介: 周钦红,硕士研究生;张东兴,教授,博士生导师,主要从事机械装备与计算机测控研究, E-mail: zhangdx@cau.edu.cn

cn

1 输送定位机构的组成及定位原理

1) 组成。

图 1 示出苹果分选机输送定位机构样机。该定位机构主要由以下几部分组成(图 2)。

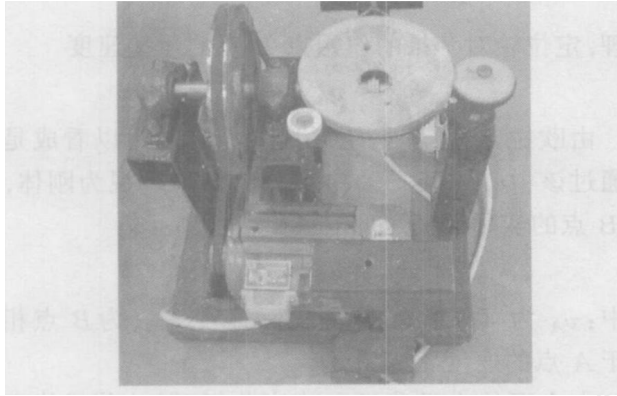
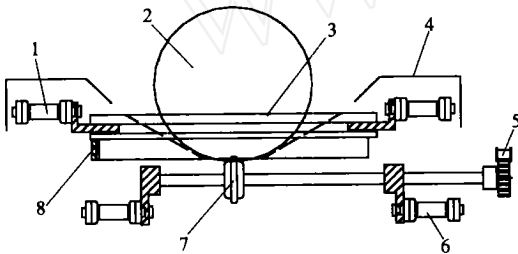


图 1 苹果分选机输送定位机构样机

Fig. 1 Orientating mechanisms of apple sorter



- 1. 果杯输送链; 2. 苹果; 3. 果杯; 4. 坡形挡板; 5. 传动链支撑轮;
- 6. 定位轮输送链; 7. 定位轮; 8. 双面齿同步带

图 2 苹果输送定位系统

Fig. 2 Apple orientating and conveying mechanism

果杯输送链:呈倒圆锥形的果杯以一定的间隔安装在普通输送链上构成果杯输送链。果杯下端为齿形结构,与双面齿同步带啮合。

定位轮输送链:定位轮以一定的间隔安装在普通输送链上构成定位轮输送链,定位轮输送链位于果杯输送链的下方。定位轮直径 25 mm,厚度 3 mm,位于果杯中心正下方且凸入果杯 1.2 mm,保证苹果与定位轮充分接触。定位轮由传动链间接驱动。

双面齿同步带:位于输送链的一侧,与果杯啮合,驱动果杯在水平面内旋转。

传动链:位于输送链的另一侧,传动链上分布多个与定位轮共轴的支撑链轮,通过支撑轮驱动定位轮高速旋转。

坡形挡板:位于果杯输送链的上方,保证苹果单行滚入输送链并进入果杯。

2) 定位原理。

双面齿同步带驱动果杯在水平面内旋转,定位轮在传动链的间接驱动下绕水平轴旋转(果杯与定位轮旋转方向垂直)。苹果在果杯和定位轮的摩擦力及摩擦力偶的共同作用下以任意方向运动;当苹果梗萼凹陷与定位轮重合时,由于定位轮的作用力很小,因此,此时苹果仅在果杯摩擦力的作用下在水平面内旋转,从而使得苹果果梗垂直于水平面。

2 苹果受力与运动分析

2.1 受力分析

将苹果视为球体,受定位轮的作用而偏向一侧。某一状态下苹果的受力分析见图 3。当苹果处于稳定状态时有

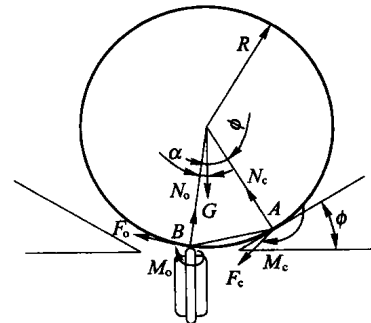
$$N_o \cos \alpha + N_c \cos \phi - G = 0 \tag{1}$$

$$N_o \sin \alpha - N_c \sin \phi = 0 \tag{2}$$

$$N_c R \sin(\alpha + \phi) - GR \sin \alpha = 0 \tag{3}$$

$$M_o + M_c - (F_o + F_c) R = 0 \tag{4}$$

式中: M_o 和 M_c 为定位轮和果杯对苹果的滚动摩擦阻力偶, $M_o = \mu_o N_o$, $M_c = \mu_c N_c$, 其中 μ_o 和 μ_c 为定位轮和果杯对苹果的滚动摩擦阻力因数; G 为苹果重力; F_o 和 F_c 分别为定位轮和果杯对苹果的摩擦力; α 为果杯内表面与水平面之间的夹角。当苹果处于稳定状态时,定位轮对苹果的作用可忽略不计(图 4),在纵剖面内,苹果与果杯的接触点为 P 和 Q ,这 2 点以下的球冠表面积为



R —苹果半径; A 、 B —果杯和定位轮对苹果的作用点; α — N_o 与 G 之间的夹角; ϕ —果杯内表面与水平面的夹角; N_o 、 N_c —定位轮和果杯对苹果的作用力; F_o 、 F_c —定位轮和果杯对苹果的摩擦力; M_o 、 M_c —定位轮和果杯对苹果的滚动摩擦阻力偶。下同。

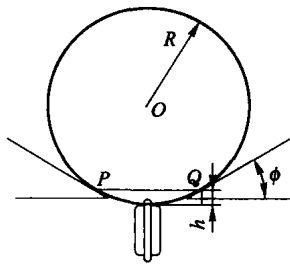
图 3 输送过程中苹果的受力分析

Fig. 3 Force analysis of apple

$S = 2 Rh = 2 R(R - R\cos \phi) = 2 R^2(1 - \cos \phi)$
 球体表面积 $S_0 = 4 R^2$, 检测不到的表面积占总面积的比例为:

$$= \frac{S}{S_0} = \frac{1 - \cos \phi}{2}$$

取 $\phi = 0.05 \sim 0.1$, 则 $\frac{S}{S_0} = 25.84^\circ \sim 36.89^\circ$, 选取中间值 31° 。



O—重心; P、Q—纵剖面内果杯与苹果的接触点;
 h—切点所在平面与苹果最下端的距离

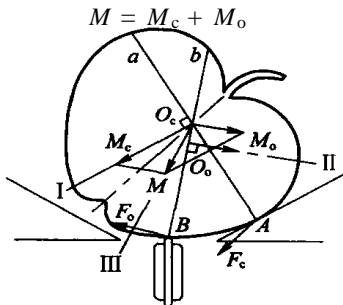
图4 稳定状态下的苹果

Fig. 4 Apple in stabilization state

计算表明:在 确定的情况下,苹果重力越大,需要克服的摩擦阻力越大,摩擦力产生的力矩也就越大,定位阻力大,不易定位。由于滚动摩擦阻力偶随速度的增大而减小,所以对于重力较大的苹果应增大果杯和定位轮的转速以减小滚动摩擦阻力偶,提高定位效率。

2.2 苹果运动分析

果杯和定位轮共同作用下的苹果的运动比较复杂(图5):一方面,苹果受果杯摩擦力 F_c 的作用在水平面内旋转,同时又受滚动摩擦阻力偶 M_c 的作用绕轴 自转;另一方面,受定位轮摩擦阻力偶 M_o 的作用绕轴 自转。通过力学分析,果杯和定位轮对苹果的摩擦阻力偶之和



$M = M_c + M_o$ 之和; a、b— M_c 和 M_o 的作用面; O_c 、 O_o — M_c 和 M_o 的作用面的中心; 、 、 — M_c 、 M_o 和 M 的矢量方向

图5 输送过程中苹果运动分析

Fig. 5 Movement analysis of apple

即苹果在果杯和定位轮的共同作用下,绕着定位轮附近的轴 旋转。

果杯对苹果的作用点 A 点的合成速度 v_{Aa} (v_A) 是牵连速度 v_{Ae} (果杯的前进速度) 和相对速度 v_{Ar} (苹果相对于果杯的旋转速度) 的矢量合成,即

$$v_{Aa} = v_{Ae} + v_{Ar}$$

同理,定位轮对苹果的作用点 B 点的运动速度

$$v_{Ba} = v_{Be} + v_{Br}$$

由欧拉定理,苹果绕果杯中心旋转可以看成是绕通过该中心的某一轴的转动。将苹果视为刚体,则 B 点的实际运动速度

$$v_{Ba} = v_A + v_{BA}$$

其中: v_A 为苹果上 A 点的实际速度, v_{BA} 为 B 点相对于 A 点的速度。

由上面的力学分析和速度分析可知:苹果绕通过 B 点的轴的转动,实际上是绕通过定位轮的轴转动,在定位轮及惯性的作用下, B 点的位置在定位轮的四周不断移动,当定位轮与苹果的梗萼凹陷重合时,定位轮对苹果的作用可以忽略,转轴即为梗萗所在的轴,苹果仅在水平面内转动,保证果梗垂直于水平面。

3 试验结果

试验选用苹果直径 50~80 mm,按照直径大小分为 7 组,每组重复试验 14 次。果杯和定位轮转速分别为 1 和 5 r/s,在此转速下测得各组苹果的定位时间见图 6。

试验结果表明,有 2% 的苹果不能实现定位,4% 的定位时间超过 4 s,94% 的定位时间在 1~4 s 内。由图 6 还可以看出,曲线波动较大的为中等大小苹果,说明苹果大小对定位时间影响很小。分析

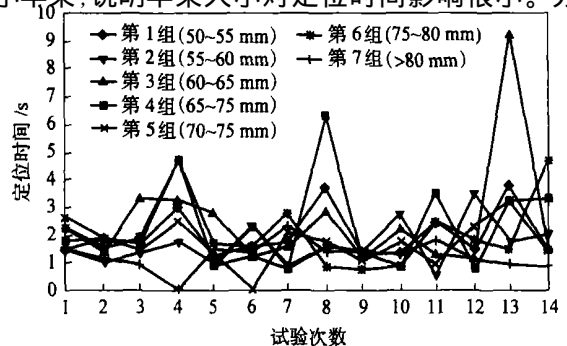


图6 各系列苹果定位时间分布

Fig. 6 Orientating time distributions of various apples

认为机构制造方面的精度是造成波动的主要原因。

4 结束语

样机试验结果表明,该机构苹果定位时间 1~4 s,定位成功率 94%,能够满足实时检测的需要。苹果定位的实现解决了缺陷与梗萼误判问题,简化了苹果最大直径的确定过程。

根据不同类型的苹果选用相应的果杯及定位轮,并能自动调整二者的速度,该机构将会更加完善。这有待进一步的研究。

参 考 文 献

- [1] 应义斌,饶秀勤,赵匀,等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用[J]. 农业工程学报,2000,16(1):103~108
- [2] 冯斌,汪懋华. 基于计算机视觉的水果大小检测方法[J]. 农业机械学报,2003,34(1):73~75
- [3] 应义斌,饶秀勤,赵匀,等. 机器视觉技术在农产品品质自动识别中的应用研究进展[J]. 农业工程学报,2000,16(3):4~7
- [4] 徐惠荣,应义斌,盖玲. 双锥式滚子水果输送翻转机构的研究[J]. 农业机械学报,2003,34(6):100~103
- [5] 章海亮. 计算机视觉在水果分级中的应用研究[D]. 北京:中国农业大学,2004
- [6] 谢峰. 光电式水果分选系统研究[D]. 北京:中国农业大学,2004
- [7] 籍保平,吴文才. 计算机视觉苹果分级系统[J]. 农业机械学报,2000,31(6):118~121
- [8] Rehkugler G E, Hroop J A. Apple sorting with machine vision[J]. Transactions of the ASAE,1986,29(5):1388~1397