

采用夹持果梗方法的水果检测分级机设计

Design and research of fruit detection and grading machine by clamping fruit stems

王运祥^{1,2} 马本学^{1,2} 贾艳婷^{1,2} 杨杰^{1,2}

WANG Yun-xiang^{1,2} MA Ben-xue^{1,2} JIA Yan-ting^{1,2} YANG Jie^{1,2}

(1. 石河子大学机械电气工程学院, 新疆 石河子 832000; 2. 新疆兵团农业机械重点实验室, 新疆 石河子 833200)

(1. Mechanical and Electrical Engineering College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China; 2. The Key Laboratory of Xinjiang Production and Construction Group, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 833200, China)

摘要:采用夹持水果果梗的方法,设计一套能够适应当前水果在线检测分级需求的水果检测分级机,主要包括水果果梗夹持装置、输送装置、旋转装置以及分级卸果装置。其中果梗夹持装置是本设计的核心部件,它不仅能够独立完成果梗的夹持功能,还能够与其他辅助装置的配合下完成水果的输送、旋转及卸果功能。该果梗夹持装置实现了水果夹持部分与水果的共同旋转,有效避免了水果与机械装置之间的摩擦,使得整个水果检测分级机对水果的机械损伤大大降低,能够很好地满足水果在线检测分级的需求,具有较高参考价值和前景。

关键词:水果检测分级机;果梗夹持装置;分级执行机构;设计

Abstracts: A set of fruit detecting and grading machine is designed which can adapt to the current requirements of online fruit detection and classification, with the method of clamping fruit stems. The machine includes fruit stems clamping device, delivery device, rotating device and fruit unloading device, in them the fruit stems clamping device is a core component of this design. It is not only able to complete the stems clamping function independently, but also can complete the functions of fruit delivery, rotation and unloading with other auxiliary devices. The device implements a common rotary of fruit stems clamping portion and fruit, effectively avoid the friction between the fruit and the mechanical device, significantly reducing the rate of mechanical damage of fruit detection and grading process. The fruit detecting and grading machine can satisfy the needs of online fruit detection and grading, which have a high reference value and application prospects.

Keywords: fruits detection and grading machine; fruit stems clamping device; actuating mechanism for grading; design

近年来,随着图像处理技术和计算机技术的高速发展,

基金项目:国家科技支撑项目(编号:2015BAD19B03)

作者简介:王运祥(1985—),男,石河子大学在读硕士研究生。

E-mail: wyx_asdf@126.com

通讯作者:马本学

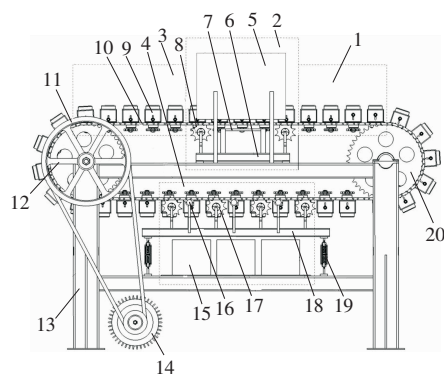
收稿日期:2015-05-26

利用机器视觉技术对水果进行自动化检测和分级,已经得到了广泛应用^[1-3]。国外从 20 世纪 90 年代开始研究基于计算机视觉技术的水果分级系统,到现在已有大量的实用产品,如美国的 OSCARTM 型和 MERLIN 型高速水果分级生产线,用于苹果、橘子、蜜桔、梨等水果的分等定级和品质检测^[4,5]。中国对基于机器视觉技术的水果检测分级系统的研究虽然起步比较晚,但目前也有许多学者^[6-8]开发出了成套的基于机器视觉技术的水果品质智能化检测与分级装备,并得到广泛应用。

然而,这类水果自动分选设备的核心部件就是水果的输送、旋转及卸果装置,负责将水果输送到检测装置内,并将其旋转,以实现水果的全表面检测,然后根据检测结果将不同等级的水果输送到不同的卸果位置进行卸果,实现水果的分级。在整个检测分级过程当中,水果的输送、旋转及卸果装置除了能够完成相应的输送、旋转及卸果功能之外,还必须尽量避免与水果表面的直接接触或相互摩擦,以降低水果检测过程当中机械损伤。现有的水果检测分级装置,大都需要将水果放在托盘内使其来回翻转,或者利用水果输送装置与水果表面之间的摩擦使水果进行翻转,这些方法虽然能够实现水果的输送及旋转,但是其对水果的机械损伤是非常严重的^[9]。本试验拟设计一种结构合理、操作方便、可靠性高且能够适应水果在线检测与分级的水果检测分级机,为水果的产后处理提供技术和装备支持。

1 总体设计

本试验所设计的水果检测分级机主要包括上料、检测、套袋和卸果 4 个工艺过程,其结构主要包括果梗夹持旋转装置、链条输送装置、检测装置、固定齿条机构以及分级执行机构等,见图 1。其中,果梗夹持旋转装置主要用于夹持水果果梗,并实现其在检测区内均匀旋转;链条输送装置主要用于安装果梗夹持装置,并带动其向前运动;检测装置主要用于采集水果的表面图像信息,并进行处理;固定齿条机构主要用于配合果梗夹持装置实现其稳定旋转;分级执行机构主要用于接收分级指令,并完成卸果功能。



1. 上料区 2. 检测区 3. 套袋区 4. 分级区 5. 检测箱 6~8. 固定齿条机构 9. 果梗夹持旋转装置 10. 链条输送带 13. 机架 11、12、14、20. 传动系统 15. 水果箱 16~19. 分级执行机构

图1 水果检测分级机总体结构图

Figure 1 The overall structure diagram of fruit detection and grading machine

其基本工作原理如图2所示,在上料区,由人手持水果并将果梗朝下插入到果梗夹持装置的水果座内,并用手指向水果座施加压力,触发果梗夹持旋转装置,使其动作并夹紧水果果梗,进而完成上料;上料完成后,水果及果梗夹持旋转装置在链条输送带的带动下进入到水果检测区,此时果梗夹持旋转装置在固定齿条机构的作用下实现水果及夹持部分的旋转,水果旋转过程中,检测装置对其进行全表面检测并将检测结果传输给信息处理系统,信息处理系统根据相关水果分级标准得出水果的级别信息,并向分级执行机构发出分级指令;水果由检测箱出来以后进入套袋区,在套袋区由人工对其进行套袋,以防止水果在卸果及运输过程中的损伤;套袋完成后,水果进入分级区,分级执行机构在接收到分级指令后动作,完成果梗夹持旋转装置的复位,使水果在重力作用下落入相应的水果收集箱内,进而完成水果分级。

采用夹持水果果梗的方式对水果进行运输,并实现了水果在输送过程中的旋转及卸果功能,这些功能的实现与果梗夹持旋转装置密不可分,因此,本设计的核心部件就是果梗夹持旋转装置。又因整个水果检测分级机涉及的内容较多,本试验仅涉及整机当中装置或机构等硬件设备的设计。

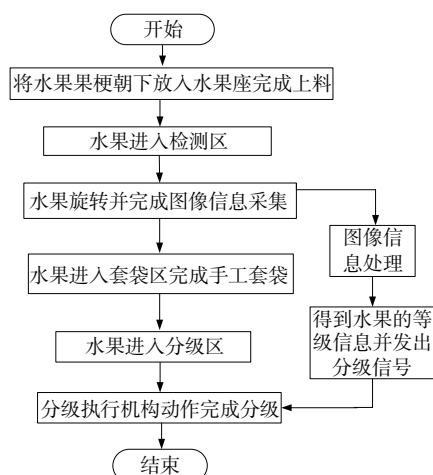


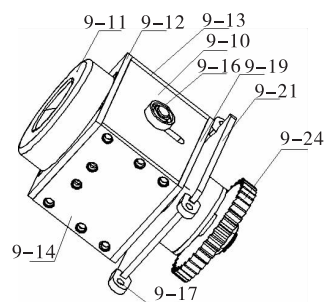
图2 水果检测分级机工作流程框图

Figure 2 Workflow block diagram of fruit detection and grading machine

2 水果果梗夹持装置的设计

2.1 果梗夹持旋转装置的结构设计

本试验所设计水果检测分级机的核心部件——果梗夹持装置总体结构如图3所示,主要由水果夹持部分和水果旋转部分组成。



9-10. 右侧板 9-11. 水果座 9-12. 上端盖 9-13. 后侧板 9-14. 前侧板 9-17. 销轴孔 9-16. 壳外轴承 9-19. 底板 9-21. 联体轴承座 9-24. 齿轮

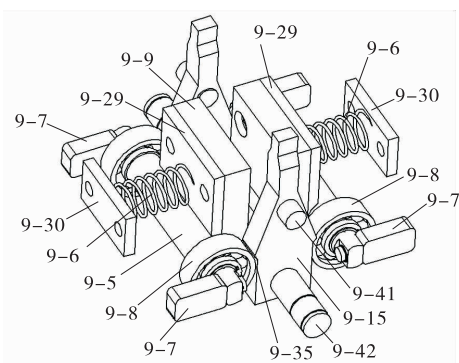
图3 果梗夹持装置总体结构图

Figure 3 The overall structure diagram of fruit stems clamping device

水果夹持部分主要包括横向夹紧机构、竖向运动机构和外壳。

外壳部分主要包括左右侧板、水果座、上端盖、前后侧板、底板等。其中,水果座呈圆形,在其中心处设有倒圆锥形凹槽,便于承接水果,两侧设有矩形凹槽,可以使竖向运动机构当中的曲面滑块顶部通过,并与镶于水果座内部偏上位置处的铁环相接触,水果座由弹性材料制成,具有一定的压缩行程,当水果座受到向下的压力时,铁环可以收集外界压力,并将压力传递给与其相接触的曲柄滑块,使竖向运动机构向下运动。上端盖上设有圆形和方形的孔,其位置和大小与水果座底面的孔完全相同,可供果梗和曲面滑块通过。左右侧板内壁上设有横向和竖向的滑槽,并且这些滑槽对称分布,分别用于实现对横向夹紧机构和竖向运动机构的定位,保证其按照预定的方向运动,并且在其端面上设有丝孔,方便与前后侧板、上端盖以及底板进行连接。

横向夹紧机构和竖向运动机构均位于整个壳体的内部(见图4)。横向夹紧机构有两组,并关于竖向运动机构对称分布,运动过程中,横向夹紧机构的滚动轴承将沿着竖向运动机构的曲面滑块表面做往复滚动,并根据曲面滑块的形状实现横向夹紧机构的夹紧和松开。竖向运动机构可以在外力作用下,沿左右侧板内壁上的竖向滑槽做上下往复运动,主要包含两个曲面滑块、短销轴、长销轴以及两个壳外外轴承等。其中,两曲面滑块对称分布,且每个曲面滑块上均设有长销轴孔和短销轴孔,其顶部细长,可穿过上端盖的矩形孔和水果座的矩形凹槽与其内部的铁环相接触,中部设有限位凸台,可防止横向夹紧装置自动闭合;长销轴可穿过两个长销轴孔,使得两个曲面滑块串接在长销轴上;短销轴分别安装在曲面滑块的短销轴孔内,起定位作用;壳外轴承安装在长销轴的两端,位于左右侧板的外端,可接受外力为卸果做准备。横向夹紧机构可在弹簧和曲面滑块的作用下,沿左右侧板内壁上的横向滑槽做横向往复运动,主要包括夹紧轴、弹簧、滑块、滚动轴承、前夹持立板、后固定板、橡胶软垫



9-5. 夹紧轴 9-6. 弹簧 9-7. 滑块 9-8. 滚动轴承 9-9. 橡胶软垫 9-15. 曲面滑块 9-29. 前夹持立板 9-30. 后固定板 9-35. 限位凸台 9-41. 短销轴 9-42. 长销轴

图 4 果梗夹持装置内部结构图

Figure 4 The internal structure diagram of fruit stems clamping device

等。其中,夹紧轴的两端分别设有滑块和滚动轴承,滑块可沿左右侧板内壁上的横向滑槽滑动并实现夹紧轴的轴向定位,滚动轴承在弹簧力的作用下紧贴在曲面滑块的表面运动,进而实现横向夹紧机构的横向往复运动;前夹持立板与夹紧轴固定连接,弹簧位于夹紧轴的中部并与夹紧轴垂直,且其前后分别与前夹持立板和后固定板相连;后固定板又通过螺钉与前后侧板相连;橡胶软垫设在前夹持立板上,可有效防止损失果梗并提高夹持表面的摩擦力。

水果旋转部分主要包括旋转轴、联体轴承座、轴承Ⅱ、齿轮等,其中联体轴承座用于安装轴承Ⅱ,并且通过两侧的销轴孔实现与双链条输送带的装配;旋转轴的上端与水果夹持部分的底板通过轴头螺栓相连,下端装有齿轮,齿轮通过与外部齿条的啮合带动水果夹持部分旋转,进而带动水果旋转,有效降低了水果检测过程中的机械损伤率。

2.2 果梗夹持装置的工作原理

果梗夹持装置的基本工作原理如图 5 所示,包括夹紧和

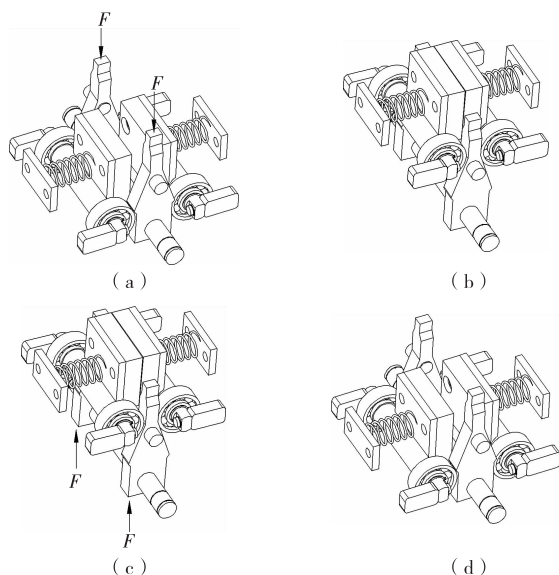


图 5 果梗夹持装置工作过程图

Figure 5 Schematic diagram of stems clamping device working process

松开两个工作过程,分别与整机工作过程中的上料和卸果两个工艺过程相对应,其中图(a)到图(b)为夹紧过程,图(c)到图(d)为松开过程。

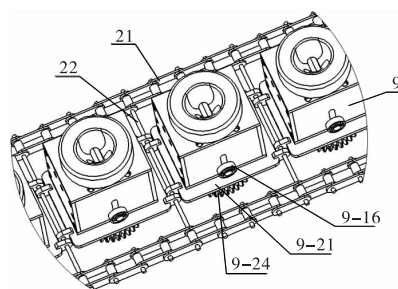
夹紧过程:夹紧之前,整个果梗夹持装置处于链条输送带的上方,水果座凹槽朝上,并且其内部的横向夹紧机构处于张开状态,弹簧被压缩,具有一定的预紧力,竖向运动机构的曲面滑块顶端与水果座内部的铁环相接触。上料时,由人手持水果并将果梗朝下插入到水果座中心处的倒圆锥形凹槽内,此时果梗一端的部分水果表面与水果座相接触,果梗则通过上端盖的圆孔伸入到两横向夹紧机构的橡胶软垫之间。随后,由人手指继续向下按压水果座,由于水果座由弹性材料制成且具有一定的压缩行程,所以位于水果座内部的铁环便会向下运动,进而压迫竖向运动机构的曲面滑块向下运动,当曲面滑块中部的限位凸台越过两横向夹紧机构的滚动轴承的中心连线时,滚动轴承表面就会与曲面滑块的斜面部分相接触,此时在弹簧力的作用下,竖向运动机构就会继续向下运动,而横向夹紧机构则自动闭合,进而完成对果梗的夹持工作。

松开过程:原本处于夹紧状态的果梗夹持装置,在运动到相应的分级位置时,分级装置发生动作,其前端的楔形机构压迫壳外轴承,壳外轴承通过长销轴带动整个竖向运动机构向上运动。此时,横向夹紧机构的两对滚动轴承就会在曲面滑块的斜面作用下被迫分开,进而使得横向夹紧机构逐渐张开,待到曲面滑块中部的限位凸台运动到两滚动轴承的中心水平连线上方之后,果梗夹持旋转装置完成整个松开过程,同时,也完成了卸果功能。

3 水果输送旋转及分级执行机构的设计

3.1 输送旋转部分的设计

输送部分主要由驱动电机、主动链轮、从动链轮以及链条输送带等组成,其中,链条输送带由两条链条构成,分别环绕安装在两组主动链轮和两从动链轮上,两条链条之间设有多个均匀分布的果梗夹持旋转装置,链条输送带的结构如图 6 所示,果梗夹持旋转装置通过其部件联体轴承座两端的销轴孔,安装在链条输送带的长销轴上,链条输送带在驱动装置的带动下绕链轮进行转动,带动果梗夹持旋转装置向前运动,从而完成水果的输送功能。另外,为满足链条的两个相邻长销轴在直线和圆周条件下的距离变化,同时又要保证输送过程中装置的稳定性,联体轴承座两端的销轴孔采用一端圆孔一端滑孔的方法进行设计。



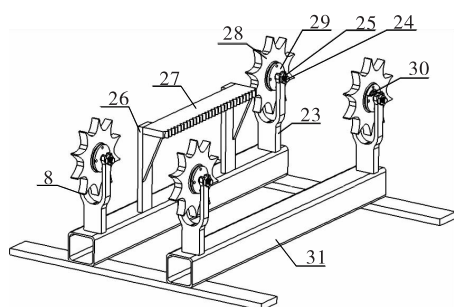
9. 果梗夹持旋转装置 21. 链条 22. 长销轴 9-16. 壳外轴承 9-21. 联体轴承座 9-24. 齿轮

图 6 链条输送带结构图

Figure 6 The structure diagram of chain conveyor

旋转部分采用齿轮齿条结构进行设计,在检测区链条输送带下方设有固定齿条机构,它主要由两对托轮和一个固定齿条组成,如图7所示,其中,两对托轮主要起稳定作用,固定齿条位于两组托轮的中间位置,当果梗夹持旋转装置运行到检测区时,其下方的齿轮就会与固定齿条进行啮合,从而带动果梗夹持旋转装置的夹持部分进行旋转,进而使水果在检测箱内旋转,为水果的全表面检测提供条件。

在水果检测区内,设有 CCD 相机,光源以及图像信息处理设备,当水果进入到检测箱以后,由 CCD 相机对水果进行全表面的图像信息采集,然后将其图像信息传递给图像信息处理设备,再由其根据相应的水果分级标准给出水果的级别信息并将其传递给水水果分级执行机构,使其按照相应的水果分级指令完成水果的精确分级^[10]。



8. 托轮机构 23. 托轮架 24. 托轮轴 25. 螺母 26. 齿条支架 27. 齿条 28. 链条托轮 29. 轴承端盖 30. 轴承 31. 托轮机构底座

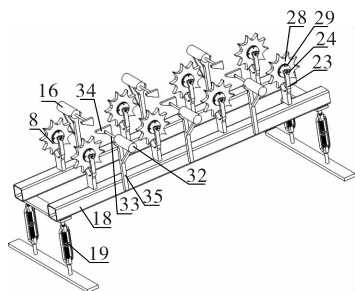
图7 固定齿条结构图

Figure 7 The structure diagram of fixed rack

3.2 分级执行机构的设计

如图8所示,分级执行机构由4组托轮机构和3组电磁动作装置组成,可完成水果的三级分选。其中,托轮机构与链条啮合,主要起稳定作用,电磁动作装置安装在每两组托轮机构的中间,其前端装有直角楔形滑块,直角楔形滑块可在伸缩轴的带动下完成伸缩动作。该直角楔形滑块的长直角边保持水平,尖角正对着果梗夹持旋转装置前进的方向。

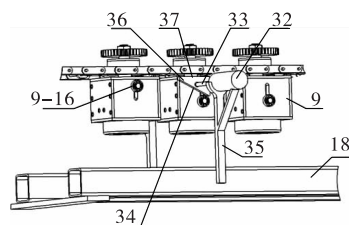
其工作过程如图9所示,链条输送带向右连续运动,当电磁动作装置通电时,伸缩轴伸出,楔形滑块向前运动到果梗夹持旋转装置的壳外轴承的上方,壳外轴承与楔形滑块的斜面相互接触并在其作用下向下运动,从而使果梗夹持旋转装置的横向夹紧机构松开,水果在重力作用下自动落入其下



8. 托轮机构 16. 电磁动作机构 18. 分级机构底座 19. 花篮螺栓 23. 托轮架 24. 托轮轴 28. 链条托轮 29. 轴承端盖 32. 电磁装置 33. 伸缩轴 34. 楔形块 35. 支腿

图8 分级执行机构的结构图

Figure 8 The structure diagram of grading actuator



9. 果梗夹持旋转装置 9-16. 壳外轴承 18. 分级机构底座 32. 电磁装置 33. 伸缩轴 34. 楔形块 35. 支腿 36. 楔形块尖角 37. 楔形块长直角边

图9 分级卸果工作过程图

Figure 9 Unloading fruit and grading process diagram

方的水果收集箱内,进而完成卸果功能;当电磁动作装置断电时,其伸缩轴自动缩回,恢复到初始状态,等待下一个分级指令。

4 结论

本试验提出了一种基于水果果梗夹持装置的水果分级机的设计方法,对水果果梗夹持装置的结构和工作原理进行了详细的设计与分析,提出了将水果与旋转装置共同旋转的思想,即可满足水果在线检测分级过程中的旋转要求,又可避免传统分级方法中水果与机械装置之间的相互摩擦,从而降低水果在分级过程中的损伤率。本试验所设计的水果检测分级机结构紧凑,占用空间小,且集水果的输送、旋转及卸果分级功能于一体,具有较强的适用性,可为后续的水果分级机研制提供理论参考和依据,但其生产效率和检出率等参数还有待进一步试验研究。

参考文献

- 1 蒋焕煜, 应义斌, 王剑平, 等. 水果品质智能化实时检测分级生产线的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6): 158~160.
- 2 施健, 何建国, 张冬, 等. 基于计算机视觉的鲜枣大小分级系统研究[J]. 食品与机械, 2013, 29(5): 134~137.
- 3 屈年巍, 马本学, 王维新, 等. 基于机器视觉和人工神经网络的库尔勒香梨颜色分级[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2010, 28(4): 514~518.
- 4 Bobelyn E, Serban A, Nicu M, et al. Postharvest quality of apple predicted by NIR-spectroscopy: Study of the effect of biological variability on spectra and model performance [J]. Postharvest Biology and Technology, 2010, 55(3): 133~143.
- 5 Ying Yi-bin, Liu Yan-de. Nondestructive measurement of internal quality in pear using genetic algorithms and FT-NIR spectroscopy [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(2): 206~213.
- 6 王松磊, 刘民法, 何建国, 等. 红枣自动快速无损检测分级机研究[J]. 农业机械学报, 2014, 45(9): 79~83.
- 7 田绪顺, 李景彬, 坎杂, 等. 基于机器视觉的红枣双面检测分级装置设计[J]. 食品与机械, 2012, 28(5): 138~140.
- 8 高晓阳, Paul H Heinemann, Joseph Irudayaraj. 基于 LabVIEW 的苹果擦伤分级系统设计[J]. 农业机械学报, 2006, 37(4): 152~154.
- 9 曹乐平, 谢培甫. 基于补偿模糊神经网络的立式转鼓水果分级系统设计[J]. 食品与机械, 2007, 23(2): 70~73.
- 10 魏新华. 水果机器视觉自动分选机关键技术研究[D]. 南京: 东南大学, 2008.