

## 基于 Ansys 的水果包装一体化装置的设计

张晓光, 周天, 张永庆  
(辽宁工业大学 机械学院, 锦州 121001)

**摘要:** **目的** 为了解决果农在水果包装过程中劳动强度大, 在包装过程中水果易损伤等问题, 设计研发一种水果自动包装收集称量一体化装置。**方法** 将水果放入水果储存盒中, 通过传送带将水果运输至分类装置处, 直径大于 8 cm 的水果经过筛选装置时触及光电传感器单片机产生记忆。随后送网装置将泡沫网送至包装口前端, 1 s 后舵机带动剪刀将泡沫网剪断。剪断后包装装置转盘旋转 (大果旋转 120°、小果旋转 60°), 通过舵机带动四杆机构将水果推出包装装置, 并完成套网落入收集装置中。LCD12864 液晶屏会显示出收集盒中水果的质量与数量。**结果** 基于通过机械设计理论, 对整体装置机构进行了计算设计, 利用有限元对关键点进行了结构分析, 提高了包装过程的准确性和包装效率, 包装速度为 30 个/min, 包装失败率降至 5%。**结论** 通过机电一体化控制减少了人力和物力, 通过单片机和驱动模块的相互配合使用提高了机器的稳定性与适应性。

**关键词:** 水果; 包装; 分类; 称量; 有限元分析; 单片机

**中图分类号:** TB486; TS206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)19-0165-05

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.19.029

## Design of Fruit Packaging Integrated Device Based on Ansys

ZHANG Xiao-guang, ZHOU Tian, ZHANG Yong-qing  
(School of Mechanics, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China)

**ABSTRACT:** The work aims to design and research a fruit automatic packaging collection and weighing integrated device with respect to the problems that fruit growers are subject to large labor intensity in the process of packaging fruit and the fruit is likely to be damaged in such process. The fruit was placed in a fruit storage box and transported to the sorting device through a conveyor belt. When the fruit with a diameter more than 8 cm passed through the screening device, the photoelectric sensor was touched by the fruit to generate a memory. Then, the delivery device sent the foam net to the front of the packaging port. After 1 s, the servo drove the scissors to cut the foam net. After cutting, the turntable of the packaging device rotated (large fruit rotated by 120° and small fruit rotated by 60°) and the servo drove the four-bar mechanism to push the fruit out of the packaging device, and completed the falling of the net into the collecting device. LCD12864 LCD screen could show the weight and quantity of fruit in the collection box. Based on the mechanical design theory, the integral device construction was calculated and designed. The finite element was used to analyze the structure of key points, which improved the accuracy and packaging efficiency of the packaging process. The packaging speed was 30 pcs/min and the packaging failure rate was reduced to 5%. The manpower and material resources are reduced through integrated electromechanical control, and the stability and adaptability of the machine are improved through the mutual use of the single-chip microcomputer and the drive module.

**KEY WORDS:** fruit; packaging; classification; weighing; finite element analysis; single-chip microcomputer

目前, 市场上针对水果包装的设备并不多见, 国内水果包装设备大多针对大枣、榛子、板栗等体积较

小的水果进行真空包装。对于体积较大的水果如 (苹果、梨、桃子等) 大多数仍停留在手工包装上, 手工

收稿日期: 2018-06-08

基金项目: 辽宁省教育厅一般项目 (L2015231)

作者简介: 张晓光 (1977—), 男, 硕士, 辽宁工业大学副教授, 主要研究方向为模具设计与制造。

包装劳动强度大、效率低,长时间包装使果农腕部酸痛。由此可见,在水果包装领域需要一种具有针对性的包装机。水果自动包装收集称量一体化装置具有包装效率高、自动分类、自动称量、单人即可操作的优点。主要应用于果园、中大型水果包装厂等场合<sup>[1-2]</sup>。

## 1 系统组成

水果自动包装收集称量一体化装置采用机电一体化控制,具有水果筛选、包装、收集、称量功能。系统主要包括机械部分和电路控制部分<sup>[3]</sup>,整体见图1。

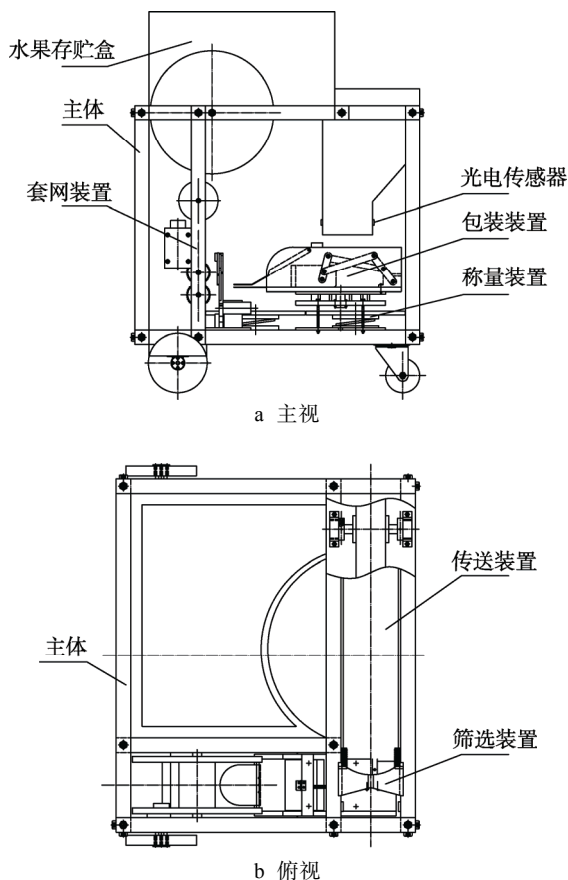


图1 水果自动包装系统  
Fig.1 Automatic fruit packaging system

## 2 工作原理

首先将采摘下的水果倒入水果储存盒中,通过传送装置将水果逐一运送至水果筛选装置处,见图2。当直径小于8 cm的水果经过水果筛选装置时,不会触发水果筛选装置后端的光电传感器单片机记忆为小果而直径大于8 cm的水果经过筛选装置时,触发水果筛选装置后端的光电传感器单片机记忆为大果。之后经过水果传送盒落入水果包装装置中。随后送网装置自动运行,见图3。送网电机的正转使发泡网送

至包装盒前端鸭嘴处,舵机控制剪网剪刀将泡沫网剪断<sup>[4]</sup>。

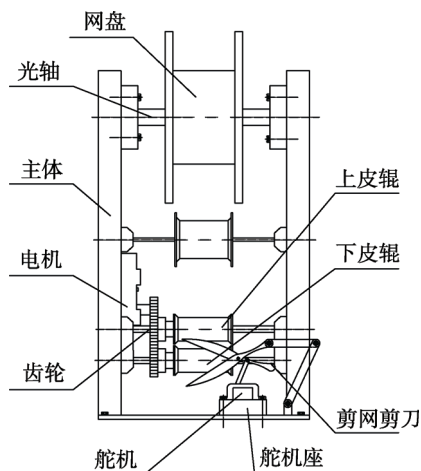


图2 传送筛选装置  
Fig.2 Transmission screening device

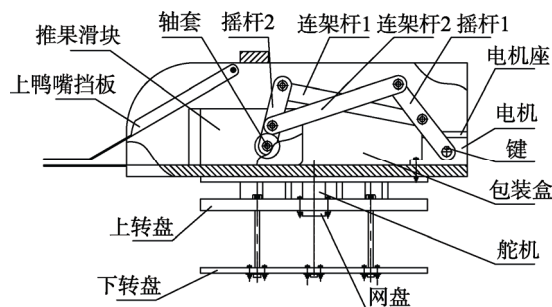


图3 送网装置  
Fig.3 Delivery device

泡沫网剪断后包装装置,见图4下方转盘旋转60°(大果旋转120°),电机带动四杆机构将水果推出包装装置同时完成对水果的套网。包装装置由鸭嘴挡板、包装盒、推果滑块、四杆机构与舵机组成<sup>[5]</sup>,包装盒内部有滑道,可使推果滑块在其内部x方向上自由移动。生活中鸭嘴为细长型,上鸭嘴带有一定弧度。通过对鸭嘴形状的仿生,包装前端为细长型,大大地提高包装套网的成功率。上鸭嘴挡板通过仿生设计计算见图5,挡板的弧度使水果在套网过程中减小挤压

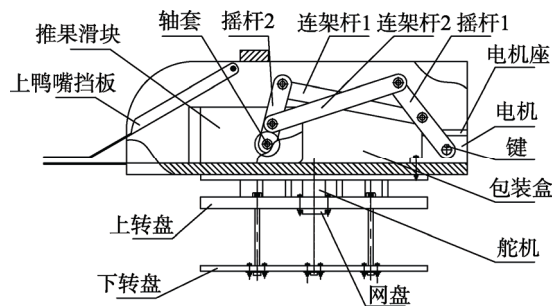


图4 包装装置  
Fig.4 Packaging device

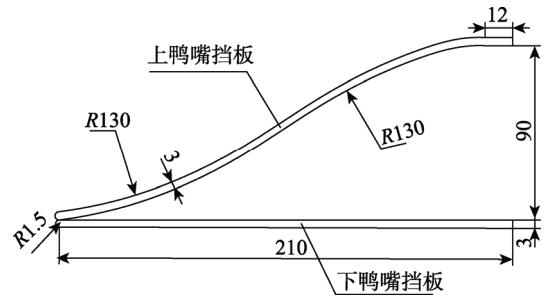


图 5 鸭嘴挡板尺寸  
Fig.5 Duckbill flap size

与摩擦。推果时采用四杆增程机构，大大地减小了推果时的推力<sup>[6]</sup>。

完成套网的水果落入水果收集盒中，收集盒下方带有称量装置 HX711 称量模块会对果实称量，将数据传送到单片机 STC89C52RC，单片机通过数据处理，得出托盘果实的质量与数量，通过计算后的数据在 LCD12864 上显示出水果的数量和质量<sup>[7]</sup>。

3 关键位置有限元分析

推果机构由电机、电机座、键、四杆机构、轴套、推果滑块组成，见图 6。通过电机提供动力带动摇杆 1 旋转，通过连架杆与摇杆 2 动力传送至推果滑块处，推果滑块将滑道内的水果推出并完成套网。

推果机构在包装过程中会受到水果对推果滑块的阻力（约为 5 N），与滑道对推果滑块的摩擦力，由于滑道内部光滑，摩擦因数较低所以忽略滑道对推果滑块的摩擦力。推果滑块受力时会使四杆机构发生微小形变，针对此问题进行有限元分析见图 7—8，在坐标原点处施加约束，另一端施加载荷，观察应力云图连架杆最大应力为 0.446 N，摇杆最大应力为 0.455 N，再对推果机构进行修改与优化，将连架杆与摇杆材料换成淬火钢，减小其变形量增加刚度，改善受力状态<sup>[8—11]</sup>。

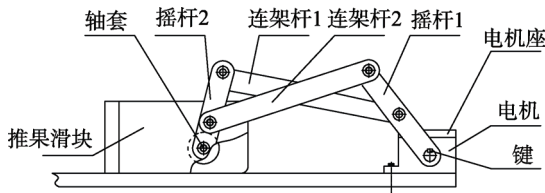


图 6 推果机构  
Fig.6 Fruit pushing mechanism

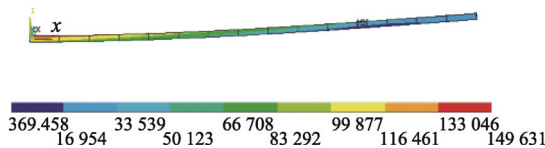


图 7 连架杆有限元分析结果  
Fig.7 Finite element analysis results of connecting rod

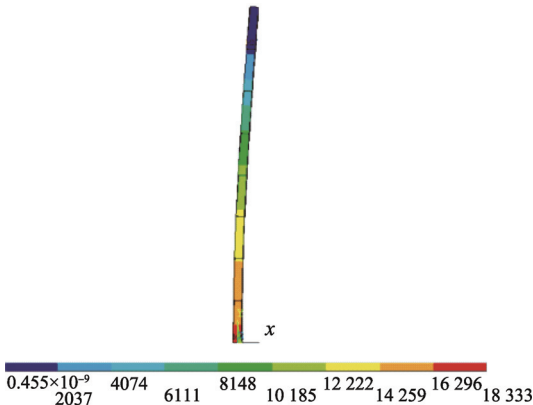


图 8 摇杆 1 有限元分析结果  
Fig.8 Rocker 1's finite element analysis results

4 控制系统设计

4.1 系统硬件组成部分

水果自动包装收集称量一体化装置控制系统选用单片机 STC89C52RC 作为主控制器，通过单片机 STC89C52RC 进行 ICC 通信为 L298N 电机驱动模块传输信号，L298N 电机驱动模块控制电机正转与反转<sup>[12]</sup>。计数功能通过光电传感器为光电计数器模块传输信号，光电计数器模块与单片机 STC89C52RC 进行 ICC 通信，单片机 STC89C52RC 存储记忆并通过 LCD12864 显示模块显示出数量。舵机的运动通过 PCA9685 舵机驱动模块进行控制舵机旋转角度。收集称量装置下方带有 HX711 称量模块，水果收集盒中水果的质量通过 HX711 称量模块为单片机 STC89C52RC 传输数据，并通过 LCD12864 显示模块在显示屏中显示出水果收集盒中的质量。总体控制方案见图 10<sup>[13]</sup>。

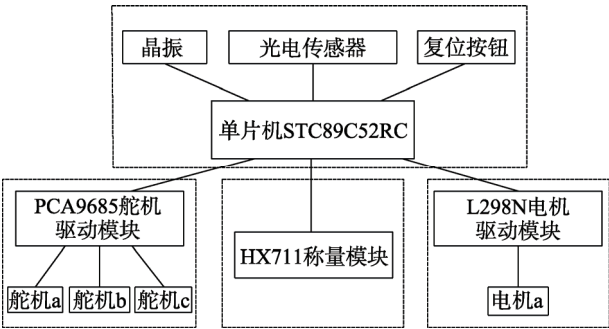


图 9 总体方案  
Fig.9 Overall plan

4.2 系统软件控制部分

系统控制流程见图 10，自动工作通过单片机 STC89C52RC、L298N 电机驱动模块、光电计数器模

块、PCA9685 舵机驱动模块、HX711 称量模块、LCD12864 显示模块之间的数据传输和相互配合完成。单片机 STC89C52RC 作为控制系统主脑,通过收发信号来控制各个模块<sup>[14]</sup>。光电计数器模块主要用于水果的筛选与计数,若水果通过筛选装置时触发光电门,光电传感器会给单片机传输一个高电平,单片机判定为大果,大果数量加1,反之为小果,小果数量加1。筛选后的水果落入水果包装盒中,L298N 电机驱动模块驱动电机进行送网,送网完成后 PCA9685 舵机驱动模块控制剪刀把泡沫网剪断。PCA9685 舵机驱动模块控制包装旋转并将水果推出包装盒完成套网。HX711 称量模块会将水果收集盒中的质量进行 I/O 转换传送至 LCD12864 显示模块,并通过显示屏显示出水果收集盒中的质量和数量<sup>[15]</sup>。

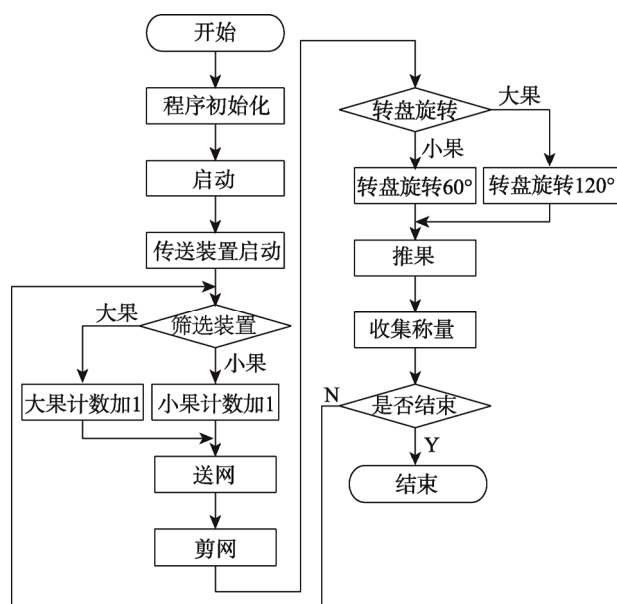


图 10 控制流程  
Fig.10 Control process

## 5 结语

水果传输装置中电机带动光轴上的同步带轮转动,通过同步带与同步带轮相啮合,从而带动同步带移动,传动平稳,同步带上端带有波浪形的软质皮套,充分的避免了水果在运输的过程中摩擦与碰撞。水果筛选装置由挡板、弹簧和光电传感器组成,由于水果直径不同,直径大于 8 cm 的水果会触发光电传感器并存储记忆,反之不会触发光电传感器。本装置结构简单,分类准确性高,误差小。该装置具有大果与小果 2 个接果盒,果盒下方有称量装置,称出质量后会在 LCD12864 显示屏显示,减少了后期分类称量的时间。该装置功能齐全,制造成本低,具有广大的市场前景。

## 参考文献:

- [1] 刘瑞歌,宋锋,刘雪涛.全自动水果包装机的设计[J].机电工程技术,2017,46(9):79—81.  
LIU Rui-ge, SONG Feng, LIU Xue-tao. Design of Automatic Fruit Packaging Machine[J]. Mechatronic Engineering Technology, 2017, 46(9): 79—81.
- [2] 王春华.浅谈水果包装的功能与创新[J].果树实用技术与信息,2017(9):43—45.  
WANG Chun-hua. Discussion on the Function And Innovation of Fruit Packaging[J]. Orchard Practical Technology & Information, 2017(9): 43—45.
- [3] 张希.智能化果品包装设计研究[D].株洲:湖南工业大学,2016.  
ZHANG Xi. Research on Intelligent Fruit Packaging Design[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2016.
- [4] 柴永生,杨栋雪,李刚,等.圆形水果分类包装机的设计和结构分析[J].中国农机化学报,2016,37(7):62—65.  
CHAI Yong-sheng, YANG Dong-xue, LI Gang, et al. Design and structural analysis of Circular Fruit Sorting and Packaging Machine[J]. Chinese Journal of Agricultural Mechanization, 2016, 37(7): 62—65.
- [5] 张静,寇子明.基于四杆机构单元的柔性铰链设计与尺寸优化[J].航空学报,2017,38(11):308—317.  
ZHANG Jing, KOU Zi-ming. Flexible Hinge Design and Size Optimization Based on Four-bar Mechanism Unit[J]. Acta Aeronautica et Astronautica Sinica, 2017, 38(11): 308—317.
- [6] 王伟杰,沈德助.机械设计制造及其自动化应用[J].中国战略新兴产业,2017(8):187—189.  
WANG Wei-jie, SHEN De-zhuo. Mechanical Design, Manufacturing and Its Automation Application[J]. China Strategic Emerging Industry, 2017(8): 187—189.
- [7] 张争刚,熊刚.基于单片机的多功能电子秤设计[J].机械与电子,2016,34(11):58—61.  
ZHANG Zheng-gang, XIONG Gang. Design of Multifunctional Electronic Scale Based on Single Chip Microcomputer[J]. Journal of Mechanical Engineering and Electronics, 2016, 34(11): 58—61.
- [8] 陈杨.基于ANSYS的扶梯桁架结构自动建模与分析系统开发[D].南京:南京航空航天大学,2016.  
CHEN Yang. Development of an Automatic Modeling and Analysis System for Escalator Truss Structure Based on ANSYS[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2016.
- [9] 林爱金.桁架结构的有限元分析与优化设计[J].工程技术研究,2018(1):200—201.  
LIN Ai-jin. Finite Element Analysis and Optimal Design of Truss Structures[J]. Engineering Technology Research, 2018(1): 200—201.
- [10] 谢伟平,曹晓宇,肖伯强,等.基于模态测试的宽幅钢箱梁桥有限元模型建立、修正与分析[J].振动与冲

- 击, 2018, 37(1): 98—105.
- XIE Wei-ping, CAO Xiao-yu, XIAO Bo-qiang, et al. The Establishment, Correction and Analysis of Finite Element Model of Wide-span Steel Box Girder Bridge Based on Modal Test[J]. *Journal of Vibration and Shock*, 2018, 37(1): 98—105.
- [11] 刘香, 倪东阳, 李娟. 预制带肋钢筋桁架叠合板的试验与有限元分析[J]. *沈阳建筑大学学报(自然科学版)*, 2018, 34(1): 42—52.
- LIU Xiang, NI Dong-yang, LI Juan. Experiment and Finite Element Analysis of Prefabricated Ribbed Reinforced Concrete Truss Composite Plates[J]. *Journal of Shenyang Jianzhu University Natural Science*, 2018, 34(1): 42—52.
- [12] 黄启锋, 郭丽花, 林有希, 等. 单片机控制系统软件抗干扰方法的研究[J]. *中国农机化学报*, 2016, 37(2): 214—217.
- HUANG Qi-feng, GUO Li-hua, LIN You-xi, et al. Research on Anti-jamming Method of SCM Control System Software[J]. *Chinese Journal of Agricultural Mechanization*, 2016, 37(2): 214—217.
- [13] 黄之然, 刘爽, 张强. 基于单片机的伺服电机控制系统研究[J]. *无线互联科技*, 2012(12): 104—105.
- HUANG Zhi-ran, LIU Shuang, ZHANG Qiang. Study on Servo Motor Control System Based on Single Chip Microcomputer[J]. *Wireless Internet Technology*, 2012(12): 104—105.
- [14] 何楠. 机械设计制造及其自动化中计算机技术的应用分析[J]. *山东工业技术*, 2016(7): 148—149.
- HE Nan. Application Analysis of Computer Technology in Mechanical Design, Manufacturing and Automation[J]. *Shandong Industry Technology*, 2016(7): 148—149.
- [15] 王佳智. 机械设计制造及其自动化的设计及发展[J]. *中国新技术新产品*, 2016(1): 18.
- WANG Jia-zhi. Design and Development of Mechanical Design, Manufacture and Automation[J]. *New technologies and Products in China*, 2016(1): 18.