

# 水果采摘机器人采摘装置机研究现状

刘 袁, 黄 彪, 陈昌银, 杨文达, 张华东, 杨 涛

贵州理工学院, 贵州 贵阳  
Email: 2317799722@qq.com

收稿日期: 2021年1月22日; 录用日期: 2021年2月17日; 发布日期: 2021年2月24日

---

## 摘 要

采摘装置是水果采摘机器人的关键组成部分, 与果实直接接触, 在很大的程度上影响着果实的采摘率和损坏率。随着科技的高速发展, 我国研究出很多种类型的水果采摘装置, 并且也得到了大众的认可。下面我们将抽取不同的水果采摘装置进行比较, 总结水果采摘机器人采集装置现存的主要问题及未来的发展趋势。

## 关键词

水果采摘, 末端执行器, 研究进展, 发展趋势

---

# Research Status of Fruit Picking Robot Picking Device

Yuan Liu, Biao Huang, Changyin Chen, Wenda Yang, Huadong Zhang, Tao Yang

Guizhou Institute of Technology, Guiyang Guizhou  
Email: 2317799722@qq.com

Received: Jan. 22<sup>nd</sup>, 2021; accepted: Feb. 17<sup>th</sup>, 2021; published: Feb. 24<sup>th</sup>, 2021

---

## Abstract

The picking device is the key component of the fruit picking robot. It directly contacts with the fruit, which affects the picking rate and damage rate of the fruit to a great extent. With the rapid development of science and technology, many types of fruit picking devices have been developed in China, and have been recognized by the public. Next, we will extract different fruit picking devices for comparison, and summarize the main existing problems and future development trend of fruit picking robot collecting devices.

## Keywords

### Fruit Picking, End-Effector, Research Progress, the Development Trend

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

根据《2020-2026 年中国水果行业市场运营格局及投资策略探讨报告》发布数据显示：2018 年我国水果产量达 2.57 亿吨，稳居全球第一。由于水果采摘技术落后，我国大部分果农以人工采摘为主，在采摘过程中损失的水果数量也是不计其数。随着农业机械化、智能化进程的不断推进，水果采摘机器人成功降低了水果的损失率。所以现在市场上出现了很多种类的水果采摘机器人，这也是从实际出发，从不同的地方表现出智能化机器的科学性和实用性。

## 2. 水果采摘装置的研究现状

水果是我国当代农业中最重要的基本作物之一，近年来已经与粮食和蔬菜并称为我国三大农作物。目前水果产业已成为我国国民经济当中最重要的组成部分，而且在国民经济当中处于重要地位。自 1978 年我国开始实行农业结构调整政策以来水果产业便得到了迅猛发展。1997 年我国一跃成为世界上最大的水果生产国，水果产量从 1978 年的 657 万 t 增长至 1997 年的 5089.3 万 t，到 2006 年我国的水果产量已经可以达到 9599.2 万 t，占世界水果产量的 18.1%，到 2014 年我国水果中产量已经达到 2.61 亿 t，该年度全球水果产量为 6.82 亿 t，仅我国的水果产量就已经达到 38.2% [1]除了在总量上具有绝对优势以外，我国还有许多单种水果的产量也居于世界前列，2006 年苹果和梨的产量为 2605.9 万 t 和 1198.6 万 t，分别占世界产量的 40.8% 和 61.4%，均位居世界第一，柑橘产量为 1590.9 万 t，占世界产量的一半，也居于世界第一 [1]。如此巨大的产量主要依靠人工采摘，效率极其低下，无法满足人们对时令鲜果的季节性和新鲜程度的需求。

21 世纪以来，我国面临一个重大的人口问题——老龄化，已经严重影响劳动力的使用。随着生产工业化的迅猛发展，很多劳工都开始转向工业或其他行业，导致农业劳动力极其短缺 [2]，劳动成本逐步提高。而采摘作业是水果生产过程中最为耗时、费力的一个重要环节。目前，我国水果基本上还是依靠人工采摘，存在自动化程度低、成本高、季节性强等问题。在高强度的劳动过程中，生产者往往为了追求较高产量，而忽视果实的品质 [3]，很大程度上影响到了果实的储存、加工和以及销售等环节，从而影响经营者和消费者的利益。

随着农业科技的不断发展，对水果采摘机器人采摘装置的研究越来越多。目前，研制成功的水果采摘机器人主要分为葡萄、番茄、苹果、草莓、猕猴桃、甘蔗和柑橘等类型。水果采摘机器人一般由视觉识别系统、末端执行器和机械手臂组成 [1]，下面我们将列举几种不同的水果采摘装置进行比较。

河南工业职业技术学院郭素娜团队设计了一款具有自主导航的葡萄采摘机器人，该机器人通过视觉系统识别成熟葡萄，再利用无线传感器进行定位，确定目标葡萄位置后，驱动柔性末端执行器配合移动系统采摘葡萄，最终完成葡萄采摘作业。通过对葡萄采摘机器人的性能进行了测试，发现该机器人对装有传感器的葡萄树的准确识别率达到了 95% 以上，对葡萄成熟度的判断达到了 98% 以上，是一种相对高效的葡萄采摘机器人 [2]。

中国农业大学张帆团队设计了一种温室黄瓜采摘机器人,该采摘机器人由自主移动平台、视觉伺服系统、采摘末端执行器组成,在针对黄瓜物理特性差异大、果皮脆嫩易损伤、果实叶片相互遮挡和采摘环境光照复杂多变和近色系果实目标识别等问题,设计了具有果实遮挡探测功能的柔性采收末端执行器和提出基于光谱图像的近色系黄瓜识别方法,可实现对果实的无损抓持、对果梗的准确切割和自然环境下果实与背景的有效分割等特点。进行采摘工作时,需要先由视觉伺服系统进行图像的认可与处理,然后根据其他的相关特征找到黄瓜的最适采摘点,最后利用柔性的采摘末端执行器配合自主移动平台将黄瓜摘取温室黄瓜采摘机器人。经机器人采摘作业测试,该机器人采摘装置整体性能较好,具备一定的实用性和推广价值,为农业机器人进入自然环境作业提供一种借鉴手段与实现模式[3]。

上海交通大学赵源深团队对西红柿采摘机器人目标识别、定位与控制技术进行了研究,提出了基于 EtherCAT 总线的西红柿采摘机器人驱动控制系统和基于 Arduino 的控制系统,试验表明,采用级联分类器的西红柿识别正确识别率可达 95% 以上,误识别率控制在 5% 左右,并且具有非常好的鲁棒性和快速性,并且为了实现西红柿采摘机器人对目标果实和采摘手抓的空间定位和消除西红柿采摘机器人双目定位和运动控制中存在空间定位误差,在其中应用一种基于双目定位和视觉伺服的西红柿采摘机器人控制方式。深层次优化了西红柿采摘机器人对目标识别的准确性[4]。

重庆理工大学胡友呈团队研制的柑橘采摘机器人,先利用双目相机获得果树的图像,通过分析噪声特性、图像增强、中值滤波对图像进行预处理,减少了噪声干扰,增大了图像对比度,采用深度卷积神经网络物体检测算法,对柑橘进行识别定位及障碍物类型判断,利用基于区域特征的 SVM 分割方法实现柑橘果实的分割和定位,并采用最小二乘法对分割区域进行椭圆拟合还原真实柑橘果实,获取采摘中心点,然后将果实的信息传送到控制系统,接着控制系统操纵机械臂进行采摘运动,柑橘采摘成功。实验结果表明:柑橘果实识别准确率为 86%,树枝障碍物分类准确率 59.5%,柑橘果实误差率为 7.2%,机器人采摘的成功概率大约为 80%,避开障碍物成功率已经达到 60% [5]。

桂林电子科技大学黄国明等人设计了一种新型的自动采摘苹果的机器人。该苹果采摘机器人由 4 部分组成,分别是移动平台、双目视觉系统、机械臂、末端执行器,该机器人移动平台采用四轮驱动的方式,且装有激光测距仪,防止撞到前面的障碍物,末端执行器采摘水果时用的是气动铡刀。双目视觉系统(Binocular vision system)用的是两台 CCD (Charge-coupled Device) 摄像机,用来辨别成熟的果实和确定果实的位置。试验表明,该苹果采摘机器人识别果实的正确率到了 90%,采摘的成功率达到了 91.31% [6]。

桂林理工大学冯国亮团队研制了一种基于计算机视觉具有高精度、高效率的桃子采摘机器人。该机器人通过模拟人工采摘方式来采摘桃子,系统主要有移动端和 PC 端,移动端主要由摄像头、移动机构、超声波测定距离、末端执行器和机械臂构成;PC 端对采集到的图像处理以及调整移动端。在机器人采摘工作时,工人可以运用智能摄像机、超声波、实时跟踪与定位系统,随时准确定位移动的水果[7]。

### 3. 存在的问题

1) 水果定位和识别精度低。目前识别水果有两种方法:一种是灰度阈值颜色识别,该方法对自然光照要求严格;另一种是区域识别,该方法对采摘目标的边界要求严格。为了对水果能有更好的定位和识别,提出了基于特征图像融合的分割和基于区域特征的 SVM 分割等方法,并应用于部分上市采摘机器人系统中,大大提高了水果的产量。

2) 采摘环境复杂,视觉识别系统待加强。我国水果种植多以家庭为单位,种植面积较小、果树种植较稠密,且种植地理环境复杂,采摘环境复杂和视觉系统不完善给采摘机器人的采摘过程带来一定阻力。为了减轻该阻力,已有大部分采摘机器人采用了双目视觉系统(Binocular Vision System)和计算机视觉等系统,并带来了很显著的效果。

3) 水果损伤率较大, 末端执行器待改善。部分水果表面较软, 在采摘过程中, 末端执行器抓取力度设计不足, 仍然不可避免的会给造成损坏。为了减少水果的损伤率, 设计出果实遮挡探测功能的柔性采收等末端执行器, 大大减少了水果的损伤率。

#### 4. 发展趋势

水果采摘末端的研发可提高水果采摘效率, 增加水果的生产率, 解放劳动力。现代采摘水果的发展趋势为: 提高水果采摘率、更深一步解放果农的双手、减弱水果的损伤。水果采摘末端由于其技术还达到成熟阶段, 还不能在市场上全面推广。

目前, 机械式水果采摘装置应用较广, 但该装置发展不够成熟, 还有较大的改进空间, 其发展有以下几个趋势: 1) 多功能化。水果的采摘、收集、分装、运输相结合, 一站式完成。2) 针对不同品种外形类似的水果, 该装置应适用于绝大多数。3) 机械智能化。重视水果采摘装置的机械智能化。

#### 5. 总结

水果是国家发展的基础产业之一, 与国家的经济条件直接联系, 机械智能化果园是一种现代发展的趋势, 因为水果采摘末端出现提高了水果生产的效率, 解放了果农的双手, 增加了果农的收入。而多类型水果采摘末端的出现, 再次大大减轻了水果生产的劳动负担, 为其他行业增加了更多的人力物力。探寻发展我国水果产业发展进程需要多种途径来实现, 由此我们只能加快科学的发展, 有意识的提高战略性新兴产业, 逐步研究更好更优越的产品来提高劳动生产率, 增加劳动人民的收入, 这才是采摘机器人出现的意义所在。

#### 基金项目

高层次人才启动项目(XJGC20190927); 贵州省科技计划项目(黔科合基础[2019]1152 号); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202014440043)。

#### 参考文献

- [1] 张莎, 冯聪利, 赵培. 水果采摘装置的现状与发展趋势[J]. 科技创新与应用, 2019(7): 84-85.
- [2] 郭素娜, 张丽, 刘志刚. 一种高精度自主导航定位的葡萄采摘机器人设计[J]. 农机化研究, 2016, 38(7): 20-24.
- [3] 张帆, 张帅辉, 张俊雄, 袁挺, 李伟. 温室黄瓜采摘机器人系统设计[J]. 农业工程技术, 2020, 40(25): 16-20.
- [4] 赵源深. 西红柿采摘机器人目标识别、定位与控制技术研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2018.
- [5] 胡友呈. 自然环境下柑橘采摘机器人的目标识别与定位方法研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆理工大学, 2018.
- [6] 伍锡如, 黄国明, 刘金霞, 徐波. 新型苹果采摘机器人的设计与试验[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(9): 71-79.
- [7] 冯国亮, 韦雄棉, 容兴鹏, 孙宝福. 桃子采摘机器人的设计与开发[J]. 科技视界, 2018(11): 84-86.