

并联式智能采茶机器人关键技术与装备研发与应用

谌昌强¹, 蒋品¹, 谌椿喜²

1. 信阳农林学院, 河南 信阳 464000

2. 驻马店幼儿师范高等专科学校, 河南 驻马店 463000

DOI: 10.61369/ETR.2026060009

摘 要 : 我国是世界上茶叶生产、消费和出口的大国之一, 对名优茶的需求量逐年攀升。这一背景下, 技术人员要积极研发并
联式智能采茶机器人, 精准识别名优茶叶, 确保茶叶品质, 降低采茶人工成本, 提高采茶效率。本文分析了并联式智
能采茶机器人技术优势、结构设计理念和关键部件研制方法, 探索并联式智能采茶机器人应用路径, 从精准定位目标
市场、建立合作与服务体系、多渠道宣传推广三个方面进行阐述, 从而提高并联式智能采茶机器人研发水平。

关 键 词 : 并联式智能采茶机器人; 关键技术; 技术优势; 应用路径

R&D and Application of Core Technologies and Equipment for Parallel-type Intelligent Tea-picking Robots

Shen Changqiang¹, Jiang Pin¹, Shen Chunxi²

1.Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang, Henan 464000

2.Zhumadian Preschool Education College, Zhumadian, Henan 463000

Abstract : As one of the world's leading nations in tea production, consumption and export, China has witnessed a steady annual growth in demand for premium and renowned tea varieties. Against this backdrop, R&D professionals are expected to step up efforts to develop parallel-type intelligent tea-picking robots, which can enable precise identification of premium tea leaves, ensure tea quality, cut labor costs associated with tea picking, and boost picking efficiency. This paper analyzes the technical merits, structural design philosophy and development approaches for key components of parallel-type intelligent tea-picking robots, and explores their application pathways. Specifically, it elaborates on three dimensions: precise targeting of the intended market, establishment of a collaboration and service system, and implementation of multi-channel publicity and promotion, so as to elevate the R&D standards of parallel-type intelligent tea-picking robots.

Keywords : parallel-type intelligent tea-picking robots; core technologies; technical merits; application pathways

引言

我国茶园大都分布在丘陵地带, 依赖人工采摘, 但是人工采摘成本比较高、茶叶采摘品质难以保证制约了茶产业发展。此外, 茶叶品种多样化, 嫩芽形态与采摘标准存在差异, 普通机器人难以满足名优茶叶采摘需求。并联式智能采茶机器人不仅可以精准识别茶叶嫩芽部位, 还可以无损采摘嫩芽, 进一步提高茶叶采摘质量, 为茶产业高质量发展奠定了良好基础。并联式智能采茶机器人搭载了三维激光技术, 精准识别茶叶嫩芽部位, 把并联臂和旋合式采摘器连接在一起, 精准定位嫩芽部位, 实现茶叶嫩芽无损采摘, 从而提高茶叶采摘效率和质量。同时, 并联式智能采茶机器人还搭载了 GPS-RTK 技术和惯性导航系统, 智能化巡航茶园路线, 自主避开采摘路线上的障碍物, 从而实现自动化作业, 帮助茶农解决采摘难题。

一、并联式智能采茶机器人技术优势分析

(一) 高精度定位与采摘能力

并联式智能采茶机器人安装了三维激光扫描设备, 通过激光

对茶树进行全方面扫描, 从而精准识别出毫米级嫩芽位置, 并把相关图像信息回传给机器人控制系统, 自动化调整并联臂与旋合式采摘器高度、角度和位置, 精准无损采摘茶叶嫩芽, 实现茶叶的分级采摘。此外, 并联式智能采茶机器人还安装了自适应底

盘,可以根据茶园地形、坡度调整姿态,更加适应丘陵地区茶叶采摘作业需求,从而帮助茶农提高采茶效率和质量^[1]。

(二) 智能路径规划与自主作业

并联式智能采茶机器人安装了 GPS-RTK 和惯性导航系统,根据三维激光扫描设备回传的图像自主规划采摘路径,精准定位行进路线,并自主避开行进过程中的障碍物,例如石块、茶树等,进一步提高采摘工作效率^[2]。这类采茶机器人定位准确率可以达到微米级别,适用于不同品种茶叶采摘需求,还可以雨季等恶劣天气下坚持作业,降低了人工采摘成本,并确保在最佳时期完成嫩芽采摘任务,进一步提高茶叶品质。

(三) 高效性与稳定性

并联式智能采茶机器人主体结构包括:行进装置、控制箱、横向导轨、连接板、管道、收集桶、三维扫描仪、车架和采摘器等,结构比较紧凑,底盘稳定性比较强,行进速度比较快,适合丘陵地区复杂地形作业。此外,该类型采茶机器人选用了高精度关节轴承,确保采摘器灵活度,避免夹坏茶叶嫩芽;还搭载了伺服电机,电压比较稳定,可以满足机器人作业需求,降低故障发生率。

二、并联式智能采茶机器人总体结构设计

并联式智能采茶机器人主体结构分为三个部分,分别是采摘系统、机身和视觉系统,每个部分搭载了控制单元,把各个控制单元和总控制系统连接起来,实现全天候、自动化采摘,避免误伤茶叶或者误采不符合采摘标准的茶叶,帮助茶农提高茶叶质量,如图一所示^[3]。

(一) 机身

本文设计的并联式智能采茶机器人机身包括机身护罩、型材机架、叶芽收集箱和履带行走机构,保证机器人在采摘作业中的稳定性,并把机身、车架、履带和收集箱等机械设备连接起来,便于实现自动化控制,从而提高茶叶嫩芽采摘效率和质量。

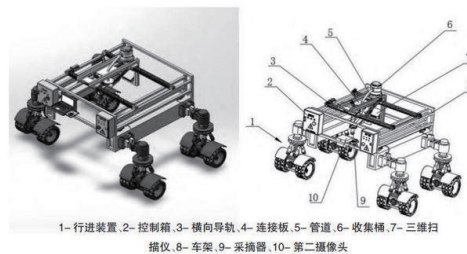
(二) 采摘系统

采摘系统是并联式智能采茶机器人的核心组成部分,包括:Delta 并联机械臂、螺旋采摘器和采摘器方向调节结构。采摘机安装了可伸缩的、螺旋式刀片,可以根据控制系统指令切割茶叶,无损伤地采摘嫩芽,避免茶叶从刀片缝隙中掉落,及时把茶叶回收到收集箱。此外,Delta 并联机械臂还可以根据茶树高低、嫩芽位置调节采摘器宽度和高度,便于机器人在各种茶陇中作业。

(三) 视觉系统

并联式智能采茶机器人视觉系统搭载了全局定位相机、特征识别衔接和高频激光发射器。高频激光发射器发射激光,采用三维定位法,把茶叶扫描成由若干个三维坐标点组成的图案,把这些三维坐标点成为点云,确保采摘机、相对原点和点云在同一个坐标系内,从而精准定位嫩芽位置,向采摘器发出指令,合理规划采摘路线、控制好采摘角度,把并联臂移动到采摘位置,快速完成采摘作业。此外,视觉系统还可以识别茶叶等级,进行分级采摘作业,减轻人工筛选茶叶的工作量,降低茶叶采摘成本,帮

助茶农提高经济收入^[4]。



图一：并联式智能采茶机器人总体结构

三、并联式智能采茶机器人识别算法及关键部件研制

(一) 机器视觉和图像增强技术

为了更加清晰地获取茶叶图像,从而精确定嫩芽位置、对茶叶进行分级采摘,并联式智能采茶机器人运用了机器视觉光学摄像头和色彩对比增强技术,对回传的茶叶图像进行精准分析,通过茶叶颜色的深浅来识别嫩芽与老叶,精准定位嫩芽位置,为采摘器、并联机械臂控制提供参考^[5]。此外,该类智能采茶机器人还可以利用光学三维扫描设备及模糊轮廓算法对茶树嫩芽进行扫描,利用深度学习技术分析嫩芽尺寸、颜色等数据,建立嫩芽数据库,为后续嫩芽采摘提供数据参考,从而提高嫩芽识别速度和准确性。

(二) 并联臂式茶叶采摘末端执行器

为了让采茶机器人的机械臂更加轻巧灵活、免受外部干扰,并联式智能采茶机器人选用了六自由度并联机械臂,采用轻量化复合材料,降低机械臂自重,从而提高并联式机械臂活动灵敏度和准确性。此外,该类型机器人采用了可伸缩的刀片,根据机器视觉摄像头、定位算法获取的嫩芽位置,规划好机械臂运动路线,驱动机械臂末端安装的旋合切割装置,精准切割茶叶,避免误伤嫩芽^[6]。

(三) 全自主巡航无人化作业导航系统

我国茶园多分布于丘陵地带,地形坡度起伏比较大,对采茶机器人行进稳定性、采摘路线规划能力和避障性能提出了更高要求。并联式智能采茶机器人采用 GPS-RTK 技术和惯性导航系统,对摄像头回传的嫩芽图像进行全面分析,根据嫩芽位置精准规划采摘路径、自动调节机械臂高度和角度,合理规划最佳路径,并主动避让行进路线中的障碍物,实现智能化巡堂作业,提高茶叶采摘工作效率^[7]。

四、并联式智能采茶机器人应用路径

(一) 精准定位目标市场, 全面推广并联式智能采茶机器人

并联式智能采茶机器人设计方与生产方要做好市场调研,精准定位目标客户群,更好地推广机器人,从而扩大知名度,让并联式智能采茶机器人帮助茶农、企业解决采摘问题,为茶叶产业发展奠定良好基础^[8]。同时,企业可以结合绿茶、红茶、乌龙茶等茶叶品种采摘时间、采摘和分级标准,灵活调整并联式智能

采茶机器人主体结构、控制系统,满足不同品种茶叶嫩芽采摘需求,从而激发企业、茶农采购并联式智能采茶机器人的热情,更好地推广并联式智能采茶机器人。例如生产企业可以把茶叶种植基地、茶叶加工企业、茶园作为目标客户群,了解不同地区茶园、不同品种茶叶采摘标准、分级标准,为他们制定并联式智能采茶机器人个性化设计方案,满足不同客户群要求,帮助客户解决茶叶采摘问题,降低人工采摘标准、提高嫩芽采摘质量。

(二) 建立合作与服务体系,提高产品服务质量

为了进一步推广和普及并联式智能采茶机器人,企业要建立完善的产品服务体系,一方面要帮助茶农、企业解决并联式智能采茶机器人使用过程中存在的问题,提高用户满意度;另一方面要做好技术下乡服务活动,手把手教授茶农、企业员工操作并联式智能采茶机器人,确保客户安全、规范地操作并联式智能采茶机器人,最大限度发挥机器人作用,降低机器人维护成本。此外,技术人员还要积极与用户进行沟通,了解用户并联式智能采茶机器人使用体验,根据用户需求调整并联式智能采茶机器人控制系统指令、更换高清摄像设备等,为他们定制个性化产品服务方案,进一步提高并联式智能采茶机器人使用效果,让更多企业、茶农用上并联式智能采茶机器人,促进我国茶叶产业高质量发展^[9]。

(三) 多渠道宣传推广,打响品牌知名度

第一,企业要利用好微博、抖音、快手等新媒体平台,及时发布并联式智能采茶机器人相关短视频,彰显该类机器人在不同地区茶园、恶劣天气下采摘茶叶、精准采摘嫩芽的优势,吸引更多

多茶农和企业采购并联式智能采茶机器人。例如企业可以发布并联式智能采茶机器人在杭州郊区茶园采摘龙井绿茶的视频,凸显自动化采摘、精准化茶叶嫩芽分级、高效率采摘等优势,并和网民进行线上互动,解答他们关于并联式智能采茶机器人的相关问题,进一步扩大品牌知名度^[10]。第二,企业还要积极参与乡村振兴公益活动、行业展会等线下活动,走进各地茶园,让茶农体验并联式智能采茶机器人操作,既可以帮助茶农快速采摘嫩芽,又可以让茶农体验并联式智能采茶机器人的优势,激发他们购买该类机器人的积极性。此外,技术人员还要深入茶园与茶农面对面交流,指导他们操作并联式智能采茶机器人、调试设备、维修设备故障,帮助他们解决机器人维护问题,减轻他们机器人维护成本。

五、结语

总之,并联式智能采茶机器人为茶叶采摘提供了新思路,有利于帮助茶农、企业降低人工采摘成本、提高嫩芽采摘准确性,实现茶叶精准采摘和分级采摘,从而提高茶农和企业经济效益。未来,技术人员要深化深度学习、VR技术和人工智能技术在并联式智能采茶机器人关键设备研发与设计中的应用,让茶叶嫩芽图像识别技术更加精准、机器人采摘路线更加合理,降低并联式智能采茶机器人价格,让更多茶农和小微企业可以用上并联式智能采茶机器人,促进我国茶产业可持续发展。

参考文献

- [1] 叶春, 赵爽, 徐光浩, 等. 名优茶机采关键技术及其装备研究现状和发展趋势[J]. 中国茶叶, 2025, 47(05): 9-15.
- [2] 宋敏, 谭立新, 胡程喜, 等. 基于改进 YOLO v8n 的轻量化茶叶嫩芽识别模型[J]. 江苏农业科学, 2024, 52(21): 229-236.
- [3] 姜宽舒, 丁龙保, 张东风, 等. 并联式智能采茶机器人关键技术与装备研发与应用[J]. 科学技术创新, 2024, (04): 43-47.
- [4] 许宝阳, 高延峰, 张泽玺, 等. 基于双目视觉 SGBM 与 WLS 融合算法的茶叶嫩芽定位研究[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(01): 29-34+42.
- [5] 陈光明, 毛奔, 章永年. 名优茶采摘机器人关键技术研究[J]. 中国农机化学报, 2023, 44(12): 174-179.
- [6] 陈建能, 李杭, 刘林敏, 等. 分体刀具式名优茶采摘末端执行器设计与试验优化[J]. 农业机械学报, 2024, 55(01): 39-46+195.
- [7] 沈惠平, 吉恩成, 丁文芹, 等. 6-DOF 混联采茶机器人机构设计与动平衡分析[J]. 农业机械学报, 2023, 54(05): 416-426.
- [8] 宋蕊, 高聪. 计算机图像处理技术在采茶机器人系统中应用[J]. 农机化研究, 2023, 45(09): 177-179+183.
- [9] 杨化林, 钟岩, 姜沅政, 等. 基于时间与机动度最优的并联式采茶机器人轨迹规划混合策略[J]. 机械工程学报, 2022, 58(09): 62-70.
- [10] 周宇杰, 吴强, 贺磊盈, 等. 名优茶采摘机器人的系统设计与试验[J]. 机械工程学报, 2022, 58(19): 12-23.