

余海波,刘天悦,史颖刚,等. 采摘竞赛机器人设计[J]. 黑龙江农业科学,2020(7):135-138.

# 采摘竞赛机器人设计

余海波,刘天悦,史颖刚,刘 利

(西北农林科技大学 机械与电子工程学院,陕西 杨凌 712100)

**摘要:**为提高果蔬采摘竞赛机器人的作业精准度,设计了采摘竞赛机器人的机械系统、电气系统和控制算法。机械系统包括机器人底盘系统和采摘执行机构;以 STM32 为控制核心,搭载语音模块、视觉模块、循迹模块、陀螺仪、直流电机驱动器和舵机控制器,构建了机器人的控制系统。根据比赛要求和流程,设计了整体程序控制算法、底盘运动算法、手眼协调采摘算法,实现了果蔬采摘机器人的竞赛功能,并在竞赛中验证了该设计的有效性。

**关键词:**竞赛机器人;果蔬采摘;STM32;陀螺仪;机器视觉

机器人涉及人工智能、机械工程、自动控制、传感技术等学科。学生通过参加机器人竞赛,能够提高学科综合能力,培养实践创新能力以及团队协作能力<sup>[1]</sup>。

采摘机器人竞赛是中国机器人大赛的子项目,竞赛场地如图 1 所示,机器人从起点区出发,依次途经 5 个果实采摘区域,完成自主导航,目标识别,语音播报,果蔬摘取和收集工作,到达收集区域。

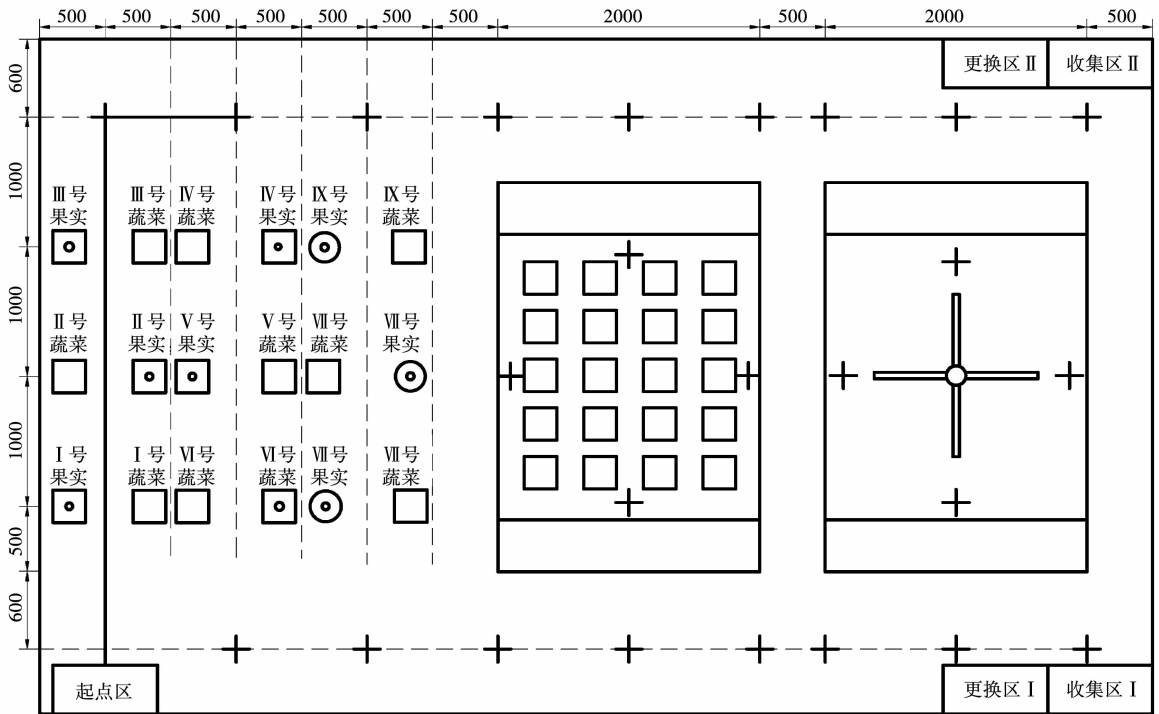


图 1 采摘机器人竞赛场地

Fig. 1 Field of picking robot competition

收稿日期:2020-05-01

**基金项目:**陕西省高等教育学会 2019 年高等教育科学研究项目(XGH19023);2019 陕西高校创新创业课程建设项目(机电一体化综合训练)。

**第一作者:**余海波(1998-),男,在读学士,专业为机械电子工程。E-mail:2093463340@qq. com。

**通信作者:**史颖刚(1976-),男,硕士,副教授,从事机械电子工程研究。E-mail:syg9696@nwsuaf. edu. cn。

A、B、C、D 四个区域模拟现代化果园、菜地,区域内不完全成熟的果蔬随机分布;E 区模拟开放的果园,区域内有一颗模拟的果树,其上有高度和位置随机的成熟果实和不成熟果实。

根据竞赛要求,机器人应包括寻迹导航模块、

视觉识别模块、平面导航系统、采摘执行机构和语音模块等。本文从机械结构和控制系统两方面完成采摘竞赛机器人的设计,以期为此类竞赛机器人设计提供一定的参考。

## 1 机械结构设计

设计采摘竞赛机器人如图 2 所示。机器人底板由铝合金板材制成,4 个橡胶车轮对称分布在车体两侧;底盘前端安装四路循迹传感器,中端两侧各安装一个光电开关,后端安装陀螺仪,三者共同构成传感导航系统。采摘执行机构固定在底盘中央,减少动作执行过程中对机器人稳定性的影响,其他控制器绝缘处理后固定在底板上。方。

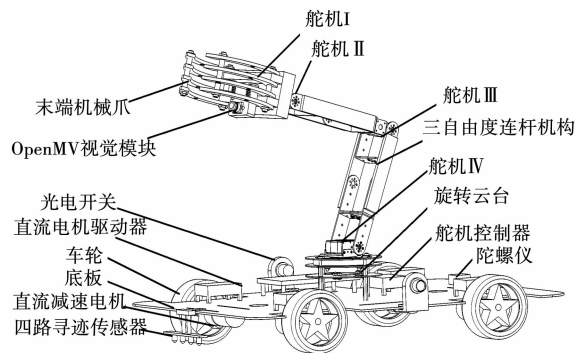


图 2 采摘机器人整体结构

Fig. 2 Overall structure of picking robot

采摘执行机构由末端机械爪、中间连杆机构和底端云台组成,其中连杆机构由 U 型支架、条形侧板和舵机组成,各个关节处的转动副由舵机控制,可使机器人完成不同方向和高度的果实采摘。采摘执行机构通过旋转云台基座固定于底板上,将 OpenMV 视觉模块安装在执行机构末端机械爪内,实现机器人准确识别和采摘成熟果实。

## 2 控制系统设计

采摘竞赛机器人以 STM32F1032ZET6 单片机为主控制器,其控制系统设计框架如图 3 所示。机器人启动后,主控制器发送低电平信号至语音模块,播报参赛队伍信息;主控制器向电机驱动器发送信号,控制各个电机的转速和正反转,实现机器人基本运动控制。陀螺仪 MPU9250 和霍尔编

码器检测机器人的行走姿态和速度信息,并时刻反馈至主控制器,计算出当前角度和速度误差,对机器人进行微调,实现运动的精确控制。遇到引导线时,四路灰度传感器引导机器人寻迹前进,并不断调整机器人姿态。当光电开关识别到采摘靶时,将产生的低电平信号发送至主控制器,判断到达采摘点,底盘运动停止,舵机控制器通过接收主控制器发送的信号,控制机械臂运动到指定位置,机械臂末端的 OpenMV 视觉模块检测果实是否成熟,将识别信息发送至主控制器,机械臂执行采摘动作。完成采摘后,电机驱动器发送 PWM 信号,驱动底盘运动,采摘机器人根据竞赛规则继续完成后续采摘任务。

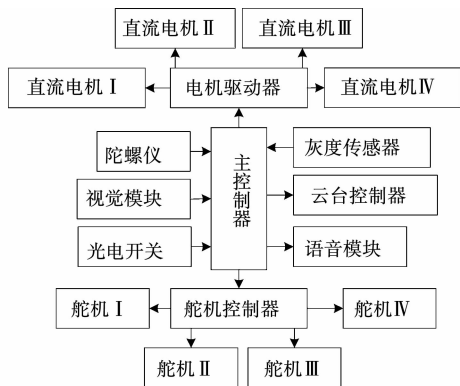


图 3 采摘竞赛机器人控制系统

Fig. 3 The control system of picking competition robot

根据比赛规则,机器人在起点区和收集区必须能够进行自动语音播报,并且准确的播报出果实采摘情况。本设计中语音模块选用 ISD1820,采用全双工串口通信,波特率为 9600。语音模块上 GND、RX 和 TX 引脚分别与 STM32 单片机上的 GND、PA3 和 PA2 相连。利用加法器计数采摘果实的数量,通过单片机控制 I/O 组合触发(低电平信号有效)播放指定的曲目,播报果实采摘情况,然后低电平释放,结束语音播报任务。

### 2.1 底盘运动控制

采摘竞赛机器人底盘结构分布如图 4 所示,4 个车轮分别由直流减速电动机 GM37-520 驱动,采用大功率 H 桥驱动直流电动机驱动器。直流电机 C1、C2 编码器引脚通过接收 PWM 信号

控制直流电机转速和转向。主控制器 PE9、PE11、PE13 和 PE14 四个 IO 口分别向 4 个直流电机驱动器的 PA 端口发送 4 种 PWM 波,实现电机调速控制;主控制器向直流电机驱动器的 IN1 和 IN2 转向逻辑控制端口发送高低电平逻辑信号,控制电机正反转;实现了机器人底盘基本运动控制。

为实现机器人正确直行,采用陀螺仪 MPU9250 进行惯性导航,模块采用 IIC 接口与 STM32 单片机连接。工作时,先将陀螺仪和定时器初始化,定时器每隔一定时间产生一次中断,将陀螺仪检测的角度信息发送至主控制器,在主控制器中计算出角度偏差量,调节 PWM 信号,控制每个车轮的转速和转向,调整机器人的运动角度,实现机器人准确直行。陀螺仪控制流程如图 5 所示。

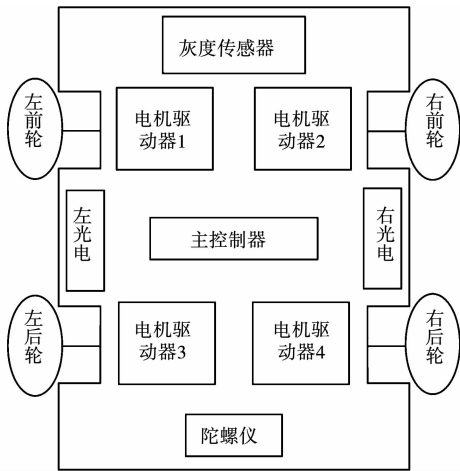


图 4 机器人底盘结构分布

Fig. 4 Structure distribution of robot chassis

采摘竞赛机器人底盘前端装有四路灰度循迹传感器,从左至右依次为 L2、L1、R1、R2。STM32 控制器把连接循迹传感器的四个 IO 口设置成浮空输入,通过读取 IO 口的高低电平信号,判断循迹传感器的工作状态。循迹传感器包括发光二极管和光敏三极管,当发出的光照在绿色地毯上时会被吸收,光敏三极管一直处于闭断状态,此时模块输出端为高电平;当发出的光照射到寻迹线时,光敏三极管饱和,此时模块输出端为低电

平。若车体向左偏转,R1 或 R2 路检测到循迹线并向主控制器发送低电平信号,主控制器调节两侧输出的 PWM 波占空比,改变左右车轮的转速差值,使车体向右校正;若到达左转位置,主控制器控制左侧车轮反转,右侧车轮正转,R1 路检测到循迹线时完成车体左转,然后向右校正车体位置;反之亦然,此处不再赘述。

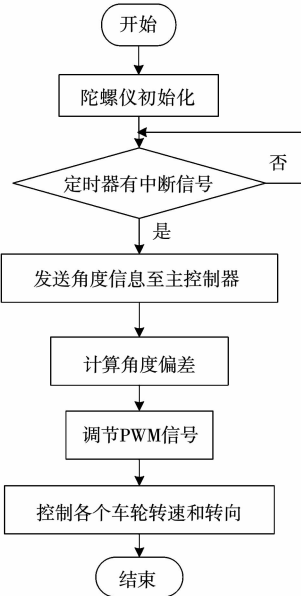


图 5 陀螺仪控制流程

Fig. 5 Gyroscope control process

## 2.2 执行机构控制

当光电开关识别到采摘靶时,底盘运动停止。主控制器、视觉模块和舵机控制器串口初始化后,主控制器向舵机驱动器发送信号,控制机械臂执行固定动作组到达指定位置。然后 OpenMV 识别果实,根据果实颜色阈值判断果实是否成熟,如果不成熟,OpenMV 向主控制器 STM32 发送低电平信号,然后主控制器向舵机驱动器发送信号,使机械臂执行复位动作;如果成熟,OpenMV 将获取的果实中心坐标和面积信息实时发送至主控制器,主控制器计算出果实的位置偏差,发送信号至舵机控制器,通过手眼协调算法控制各个舵机协调转动,使机械臂末端逐渐接近果实。当返回的果实面积大于理论面积时,机械臂停止调整,机械臂末端的机械爪执行采摘动作,然后将果实放入收集箱中,采摘任务完成,机械臂执行复位动作。果蔬采摘控制流程如图 6 所示。

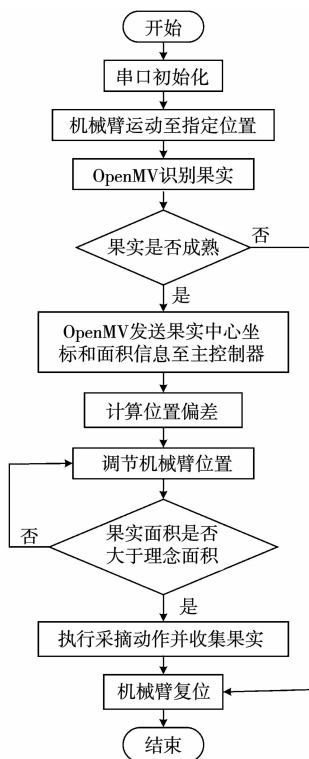


图 6 果蔬采摘控制流程

Fig. 6 Process of fruit and vegetable picking control

机械臂接近果实位置的初始动作以及采摘动作,通过预先上位机调试,以固定动作组的形式存储在舵机驱动器中,主控制器通过运行固定动作组实现上述控制。

### 3 小结

根据竞赛要求,以 STM32 单片机为控制核心,设计了竞赛机器人的机械结构和控制系统,采用 OpenMV 视觉识别模块,获取果实颜色和位置信息,设计手眼协调算法,控制各个舵机相互协调,使机械臂完成成熟果实的摘取;采用语音模块,通过音频交流算法,使机器人准确播报已收集果实数量,实现了机器人自主导航、智能播报、果实成熟检测以及果实采摘和收集的功能。经过上百次的实地模拟测试,并于 2019 年中国机器人大赛采摘机器人赛项中获得冠军,验证了该设计的有效性,对于此类竞赛机器人设计具有一定的参考价值。

### 参考文献:

- [1] 陈妍冰,刘琳靖.基于机器人竞赛的教学改革研究[J].教育教学论坛,2015(21):123-124.
- [2] 陈磊,陈帝伊,马孝义.果蔬采摘机器人的研究[J].农机化研究,2011(1):224-227.
- [3] 顾宝兴,姬长英,王海青,等.智能移动水果采摘机器人设计与试验[J].农业机械学报,2012,43(6):153-160.
- [4] 王燕,张果,葛运旺.四自由度关节型采摘机械手轨迹规划与实验研究[J].现代制造工程,2013(7):27-31.
- [5] 张少华,刘富,刘利,等.面向竞赛的果园喷药机器人设计[J].机械工程与自动化,2018(2):153-156.

## Design of Picking Competition Robot

YU Hai-bo, LIU Tian-yue, SHI Ying-gang, LIU Li

(College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling 712100, China)

**Abstract:** In order to improve the precision of the robot, the mechanical system, electrical system and control algorithm were designed. The mechanical system includes the robot chassis system and the picking actuator, with STM32 as the control core, the robot control system is built with voice module, vision module, tracking module, gyroscope, DC motor driver and steering controller. According to the requirements and process of the competition, the overall program control algorithm, chassis motion algorithm, hand eye coordination picking algorithm were designed to realize the competition function, and the validity of the design was verified in the competition, which had certain reference value for the design of this kind of competition robot.

**Keywords:** competition robot; fruit and vegetable picking; STM32; gyroscope; machine vision