

无人驾驶割草机控制系统设计研究

杨璐

(利欧集团浙江泵业有限公司 浙江 台州 317511)

摘要:无人驾驶割草机通常用来协助割草工作,特点是使用方便、工作能力强、外观美观精巧、噪声小,既达到可持续发展的要求,又切合现代科技发展的方向。本文自行设计了一款基于智能视觉控制的无人驾驶割草机。在硬件开发层面,对系统硬件的控制模块、驱动单元、精准定位模块和供电系统模块开展可靠性设计与优化;在软件开发层面,搭建人机交互界面,采用 GC 数控编程软件编写全自动控制程序,进行了控制系统方案设计。通过农业试验田和边界工作区域的识别检测,结果显示,所设计的无人驾驶割草机的安全性高、结构紧凑,还可以实现对边界区域草地的精准切割,边缘普及率比较高,割草效果良好。

关键词:无人驾驶;割草机;硬件;软件

0 引言

随着人们生活水平的提高,对生活环境的美观度的要求也越来越高。草地整修机械的应用范围不断扩大,如用于足球场、高尔夫球场、公园、政府机关、花园等地方的草坪修剪。现阶段,市场上的绝大多数割草机是液压油式,且以柴油发动机为主,比较笨重。这种割草机多数为人工控制,笨重的机械设备和较差的工作环境大大增加了工作人员的劳动强度。

1 无人驾驶割草机结构设计

1.1 总体方案

本文提出的一种智能型割草机器人与传统三轮行走割草机结构差异较大,文中所述的割草机以四轮小车为承载和移动平台,以增强小车的稳定性。其中,后轮为从动轮,前轮为驱动轮,其可以提高无人驾驶割草机的驾驶协调性。当割草机需要转向时,同一侧的转向电机发生串联现象,前后轮同步发生转动;另一侧的轮子则按照反方向进行旋转,这可以使智能割草机在原地发生转向,极大地减小了换向所需的空间,使智能割草机能够在很狭窄的空间中使用。本文所设计的无人驾驶割草机主要由锂电池及太阳能电池双供电系统、感应器感知系统、主控芯片模块与运算系统软件、动力装置和排草系统构成,图 1 为智能型割草机器人实物图^[1]。

在硬件设置方面,割草机由电动机、外置电源、旋转刀片、传感器和刀片升降装置构成。与同类型



图 1 割草机实物图

割草机相比,本文所设计的割草机主要由收集系统、电动机、叶轮等构成^[2],可保证工作质量,同时提升工作效率。为了达到独立割草及最短路径规划的要求,选用混合路径算法来确定最佳路径。割草机的电力系统选用输入电压为 DC25.2V、CC24V 型号的大容量锂电池和太阳能光伏板,从而源源不断地为割草机提供动能。选用这种双供电模式能够有效增加智能型割草机器人的作业量,提高工作效率,实现绿色环保、降低成本的目标^[3]。

1.2 割草系统

该智能型割草机器人的刀具安装于底盘中心下,两个方形刀头均匀分布于主轴上,这样可以避免布置不均匀所带来的不良影响,呈等边三角形分布可

使与主轴连接的电动机相对省力，可以用小功率的电动机达到高效割草的效果。高速运转的电动机推动连接的主轴，进而推动两个均布于环形主轴上的方形刀片。在环形主轴及其方形刀片划过的范围外安装测距传感器，用以检验待割草地与主轴数控刀片的间距，将接收的信息发送至 STM32 单片机，进而操纵割草机器人底盘上的伺服电动机，使刀片可以在一定范围之内上下运动，以适应不同高度的割草要求。图 2 所示为数控刀片实体模型^[4]。

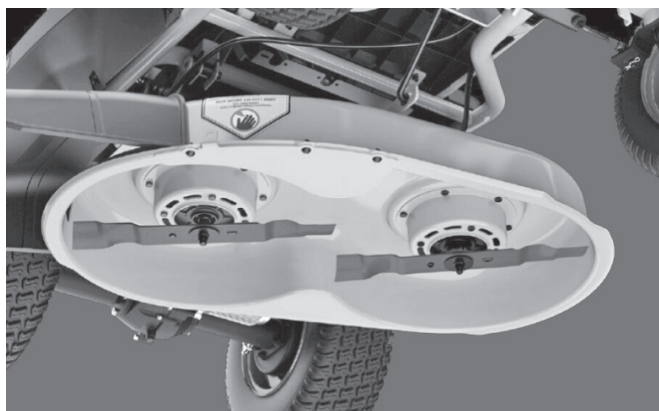


图 2 数控刀片实体模型

1.3 收集系统

草屑收集系统由草屑收纳室、挡板、风叶轮、大功率电动机等组成（图 3）。通过高速旋转的大功率电动机，使风叶轮急速转动进而产生强大气流，将草屑收纳室的空气排出，与外界大气压形成压力差，在压力差作用下，将智能割草机器人作业后产生的草屑收集到内盒装置中。内盒装置设计为楔形，防止收集到的草屑掉落，保证草屑收集清理工作的顺利进行。当处于工作状态时，内盒门处于打开状态，一旦停止工作，内盒门会随即关闭，防止收集到的草屑散出，同时起到保护风叶轮的作用。草屑收纳室装满后，可以将内盒取出或者拆卸草屑收集装置，进行草屑清理工作。

2 无人驾驶割草机控制系统工作原理

电瓶为机器设备提供电源，安装于座椅下方。另外，本文所设计的割草机通过 PLC 和 MCGS 触摸屏实现通信和同步控制，操作人员直接触摸屏上的启动按钮即可启动刀具电动机，从而调整刀具的相对高度，使刀具的旋转面与地面平行，提高割草效率的同时将草坪修剪整齐。在实际工作的过程，切

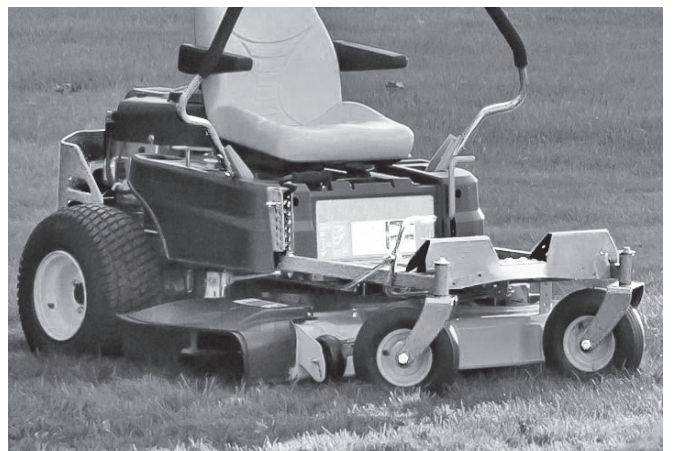


图 3 收集系统

割的刀具分为前后两层^[5]，且呈现交替错开式的直线往复运动，运用逆方向直线运动所产生的移位割草。切割完成后，继续向前运动，切割后的草被收集到草屑收纳室中，实现对草料的二次回收利用，从而降低成本，并避免草料燃烧所造成的环境污染。机器设备通电后，PLC 先与触摸屏开展通讯调节，实现对割草机各个执行元件的控制。割草机选用集中控制方法，在数据可视化水平高的界面上操纵刀台，调整相对高度，以便应用于不同类型的工作场所中。

3 无人驾驶割草机控制系统设计

3.1 硬件设计

硬件配置主要由转动机构、液压系统、液压泵及发动机组等模块构成。驱动系统流程图如图 4 所示。

控制模块采用的是成本相对较低、设计较为简单且功耗也较低的 MSP430F169 单片机，并通过精简指令集计算机（Reduced Instruction Set Computer, RISC）执行控制模块的命令，其周期是 125ns，工作电压为 1.8 ~ 3.6V。此外，在单片机中设置了 I/O 端口、US-ART1 及 USART0 串口通信、电压比较器 A、TA 及 TB 定位器。

本文设计的割草机的控制系统通过单片机的计时器产生 PWM 波，如图 5 所示。然后利用 I/O 端口将 PWM 波输送到驱动单元，实现对电动机的控制。直流电动机的转速一般由 PWM 波控制，这样就可以实现割草机停止、拐弯与执行控制，进而结合车轮转速实现对路径的规划。

3.2 驱动单元

采用 L298N 驱动芯片搭建割草机的控制系统的驱动单元。L298N 驱动芯片具备步进电动机和高直流

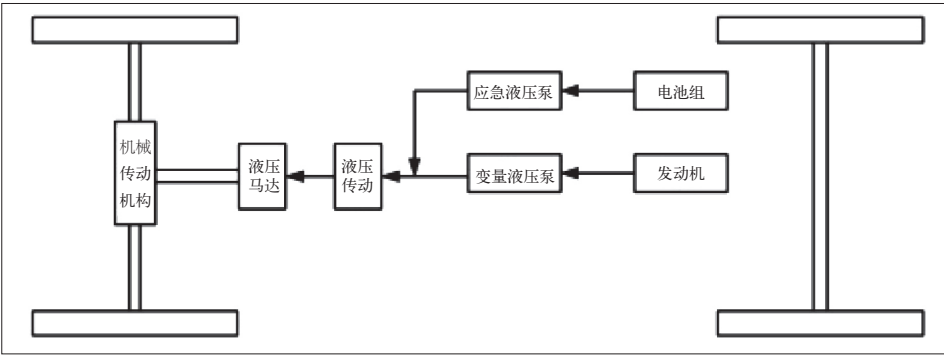


图 4 驱动系统流程图

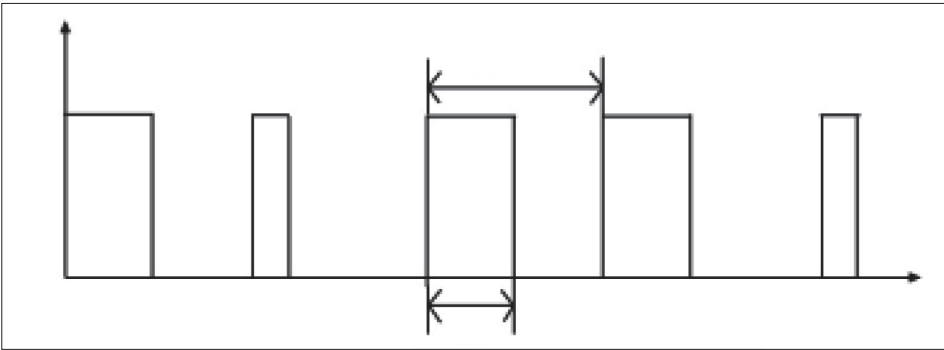


图 5 PWM 信号输出

两用、高电压的特征，并且其内部存在电流驱动器或 2 个高电压 H 桥，利用标准电压信号实现对芯片的控制^[6]。在割草机的控制系统中，实现精准定位的关键部件是光电编码器。在割草机工作过程中，车轮旋转的圈数由后轮的编码器程序纪录，根据程序对割草机的路径进行控制。此外，逻辑控制部分和驱动部分的电压分别由 L7806、L7805 和 LM317 低压电路提供。低压电路含有安全保护和过压保护，L7906 和 L7805 满足逻辑部分电压要求，且可提供多种电压值，满足使用要求。

3.3 软件设计

软件的控制要求是：操作简单、转向灵活和方便维护。通过优化操作流程、交互界面，具体设计如下：

(1) 自动控制系统操作流程设计。按住启动按钮，设备返回原始位置，刀具静止并处于上升的状态，显示灯和刀具相对高

度等数据显示在屏幕上；也可以根据环境的差异，手动更改刀具高度。当刀具高度调整完成后，按下刀具启动键；无人驾驶割草机便自动往前运动进行切割作业，减少了工作时长，同时也节约了成本，提高了工作效率。

(2) 人机界面设计。以 MCGS 触摸屏为人机交互界面并实现数据的可视化，还可以更改交互界面结构类型以适应各种类型的工作环境，使操作更加便捷。

(3) 自动控制程序的实现。依据无人驾驶割草机控制系统的 I/O 地址、编程设计和标准要求，选用 GC 编程系统进行程序编写。GC 编程软件具备使用方便和实用性强的特点，能完

成 SFC 程序和子程序的编写，其整个控制系统供电模块框图如图 6 所示。

4 试验测试

为检验本文设计的无人驾驶割草机控制系统的准确性与安全性，对其开展了田间试验（图 7）。实验结果显示：该无人驾驶割草机具备安全性高、结构紧凑、爬坡能力强等特点，能很好满足各种作业环境对割草机的要求。

为进一步验证割草机的性能，本文对割草机的控制系统进行了测试。其中实验组是本文开发的控制系统，对照组采用传统的 PLC 控制系统，通过追踪

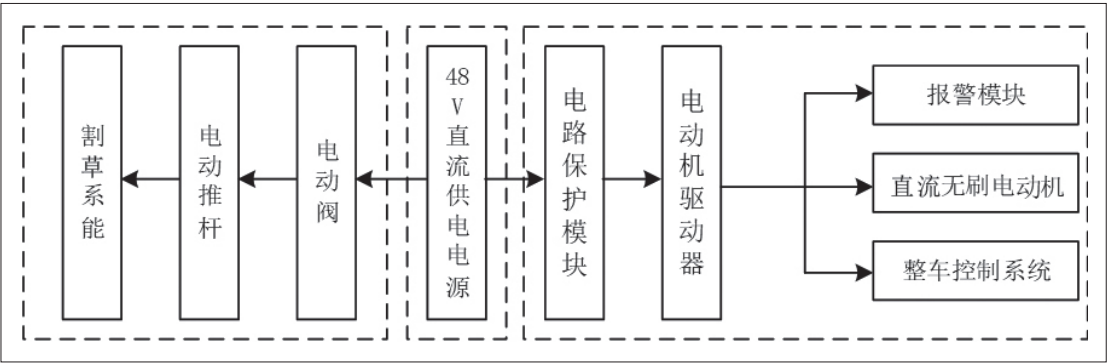


图 6 控制系统供电模块框图



图7 测试实验图

割草机的运动轨迹来比较割草机在边界区域内的边缘覆盖率以评价其性能,测试结果如图8所示。由图8可知,在边界区域工作时,传统控制系统的边缘覆盖率曲线大幅偏移实际曲线,使得割草机很难完成边缘处的割草任务,效果较差;而本文设计的控制系统的边缘覆盖率曲线与实际曲线重合度较高,说明当采用本文设计的割草机在边界区域进行作业时,能很好地完成边缘处的割草工作,整体效果更好。

5 结语

为了解决传统割草机控制系统避障能力差、边缘覆盖率低等问题,本文设计了一种无人驾驶割草机,并对其硬件系统和系统软件进行了设计。最后,通过田

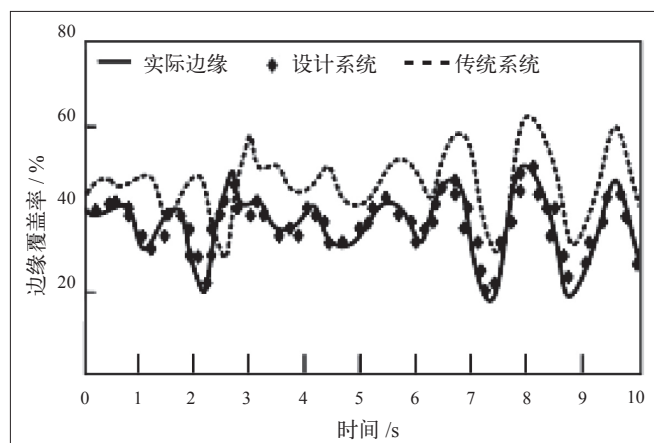


图8 两种不同系统边缘覆盖率对比结果

间试验和边缘覆盖率对比试验,表明本文设计的无人驾驶割草机不但安全性高、结构紧凑,还能够精准切割边界区域,割草效果良好,值得推广与应用。

参考文献:

- [1] 徐鹏,王志琴,尤泳,等.履带式无人驾驶割草机控制系统设计[J].农机化研究,2022,44(07):63-68.
- [2] 张河宁,于涛,段馨蕊,等.无人割草机关键技术发展综述[J].中小企业管理与科技,2021(25):191-193.
- [3] 本刊讯.WPG-I型无人驾驶坡面割草机[J].人民黄河,2015,37(12):157.
- [4] 马耀锋,李红丽.割草机器人自动控制系统—基于智能视觉和人工算法[J].农机化研究,2020,42(08):222-226.
- [5] 何健.基于PLC的自动割草机控制系统设计[J].机电信息,2015(21):126-127+129.
- [6] 马振峰.基于智能视觉的割草机自动控制系统设计[J].计算机测量与控制,2018,26(07):84-87+142.

作者简介: 杨璐(1988.10-)男,汉族,陕西宝鸡人,本科,工程师,研究方向:锂电骑乘式割草机(骑士割草机)。