

# 植保无人机避障技术应用研究

何向锋<sup>1</sup> 赵仁芳<sup>2</sup> 黄凤燕<sup>1</sup> 蒋瑜<sup>1</sup>

1. 广西农业职业技术大学, 广西 南宁 530007 2. 广西商贸高级技工学校, 广西 南宁 530007

**摘要:**植保无人机的户外作业环境比较复杂, 飞行面临各种各样的危险障碍物, 为保证植保无人机的作业效率和安全, 技术人员要积极完善避障技术, 一方面要更新植保无人机硬件设备, 另一方面则要合理规划无人机的飞行路线、飞行高度和速度, 及时回传农田、农作物等基本信息, 减轻农林工作人员工作负担, 促进我国农林、植物保护工作的可持续发展。据此, 首先对植保无人机避障技术的国内外现状进行了分析, 然后分析了无人机的主要避障方法、飞行平台设计, 以及避障系统控制策略。

**关键词:**植保无人机; 避障技术; 四旋翼无人机

**中图分类号:** S252.3

**DOI:** 10.3969/j.issn.2097-065X.2023.06.010

## 0 引言

农作物或森林出现大面积病虫害时, 人工和地面机械难以快速喷洒药物, 造成农作物和森林的损失。随着我国智慧农业的飞速发展, 无人机在农作物授粉、喷洒作业、农情监测和疏花疏果等领域广泛运用, 进一步提高了我国农林植物保护工作的质量。植保无人机在大面积种植、山地种植和森林病虫害防治等领域广泛运用。技术人员要不断创新和完善植保无人机技术, 研发全新的四旋翼无人机避障技术, 优化无人机最佳航行路线, 让无人机准确避开飞行过程中遇到的障碍物, 快速对作业区域进行喷洒和航拍。技术人员还要积极完善植保无人机自动避障系统的设计, 运用超声波扫描前方障碍物, 预判障碍物的距离与影响范围, 进一步提高植保无人机的避障准确率, 保障其安全作业。

## 1 植保无人机避障技术国内外研究现状

### 1.1 国外研究现状

美国 CMU 实验室基于目标特征研究了无人机避障技术, 在无人机上搭载摄像头, 通过图像背景与飞行区域的颜色来辨别前方是否存在障碍物。从视觉威胁感知算法入手, 分析无人机摄像头传回的图像, 运用特定程序预测障碍物类型, 但所提算法只能识别特定障碍物, 且无法计算出障碍物的位置和距离。采用光流法研究无人机避障技术, 对摄像头采集的障碍物信息进行检测, 但只能检测动态障碍物。在无人机上安装超声波发生探头, 利用探头发射超声波, 然后通过计算探头接收到超声波的时间, 通过时间差计算出无人机与障碍物之间的距离。

### 1.2 国内研究现状

于坤林等<sup>[1]</sup>研究了机器视觉在植保无人机避障

中的运用, 分析了机器视觉定义、避障原理及实验流程, 提出了单目视觉、双目视觉两种避障检测方式, 运用 Harris 算法分析和 SURF 算法对图像进行分析, 可准确计算障碍物的距离和位置。吴仪<sup>[2]</sup>分析了四旋翼植保无人机避障喷雾技术及其在农业喷雾中的优势, 认为技术人员可以根据作业地块的特点设定四旋翼植保无人机飞行的高度、速度和喷洒直径等。孙柯等<sup>[3]</sup>分析了毫米波雷达在植保无人机避障系统中的运用和毫米波雷达在避障中的优势, 以及程序算法、传感器和嵌入式处理器的运用方法等, 分析了前方距离、侧方距离检测和宽度检测指令。

目前, 国内外对农用植保无人机避障技术的研究更多是在理论研究阶段, 实际的应用效果还待进一步验证。

## 2 新时期无人机主要避障方法

### 2.1 超声波避障<sup>[3]</sup>

超声波避障指的是连接安装在无人机的超声波传感器与飞行控制器, 使无人机在飞行过程中不断向四周发射超声波, 传感器接收并分析障碍物反射回来返回的超声波, 通过声波返回的时间差、声波波峰等信息来设定无人机路线, 避开障碍物。

### 2.2 红外线与激光雷达避障

红外线避障、激光雷达避障的原理与超声波避障相似, 但也有一些特殊性。红外线避障安装的是红外线传感器, 分析的是飞行方向障碍物反射回来的红外线。激光雷达避障安装的是激光雷达传感器, 分析的是障碍物反射回来的光波。

### 2.3 视觉避障<sup>[4]</sup>

视觉避障的核心是图像识别技术。无人机搭载的摄像头在飞行过程中不断采集空中和地面的图

像,并把这些图像传输到控制器,运用计算机软件对图像进行分析和处理后,合理预算障碍物距离和范围,划定出无人机的避让路线,避免撞上障碍物。目前的视觉避障系统支持单目视觉或双目视觉,可以根据作业需求灵活选择摄像头,进一步提升障碍物的图像质量,保障无人机安全飞行。

### 3 植保无人机飞行平台设计

#### 3.1 四旋翼无人飞行器整体结构<sup>[5]</sup>

四旋翼无人飞行器包括:四旋翼安装机架、飞行控制系统(以下简称飞控)、电机、旋翼等部分,如图1所示。技术人员搭建的四旋翼无人飞行器平台由四轴飞行平台、超声波测距模块、Arduino mega2560 信号转换模块组成。四轴飞行平台是植保无人机避障的核心,可以控制无人机的电机转速、识别无人机和障碍物之间的距离,从而达到避开障碍物的目的。这一平台的工作原理是:利用超声波测距模块预测植保无人机与飞行方向上障碍物的距离,根据分析结果更改飞控指令,调整无人机飞行的姿态、高度和线路等。为保证植保无人机飞行的稳定性,把4个电机按照对角方式安装到无人机机臂上,并保证对角线上电机的旋转方向一致、相邻的2个电机的旋转方向相反。

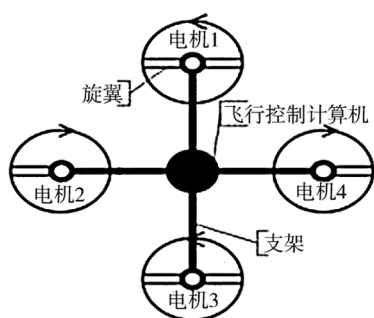


图1 四旋翼无人飞行器整体结构示意图

#### 3.2 四旋翼飞行器轴距的设计

植保无人机作业环境比较复杂,因此要优化无人机的垂直运动、俯仰运动、横滚运动、偏航运动和侧向运动。技术人员要设计好无人机轴距,控制好飞行器的空中姿态,提高植保无人机的避障能力。四旋翼无人飞行器对起降场地要求不高,可以满足田间或山区作业的需求,飞行速度容易控制,还可以在空中悬停,便于传感器搜集图像、超声波等信息,进而准确分析障碍物的信息。四旋翼飞行器桨叶的间距要合理,以保障桨叶在旋转时不会互相干扰,从而保证无人机在飞行过程中的稳定性,便于拍摄更加清晰的图像并保证信息分析的准确性。相邻3个

螺旋桨的间距要合理,应根据植保无人机整体尺寸、电机功率和桨叶尺寸等计算螺旋桨的间距,避免间距过小而影响无人机的气动效率。四旋翼飞行器最小轴距  $L=3.59r$ ,其中, $r$  为螺旋桨半径。

#### 3.3 四旋翼无人飞行器的控制原理

##### 3.3.1 四旋翼无人飞行器的飞控技术

随着电子技术、云计算技术的发展,无人机飞控技术更新换代明显加快,稳定性显著提升,空中悬停时间明显延长,成本也逐步下降。大疆是我国无人机行业的佼佼者,在四旋翼无人飞行器研发上取得了不俗的成就。大疆自主研发的精灵 2VISIO+ 无人机自带的云台上搭载了3轴陀螺仪减震与GPS定位系统,安装了高清相机,且操作简单,为国内四旋翼无人飞行器飞控技术提供了参考。

##### 3.3.2 MWC 开源飞控

MWC 飞控支持多旋翼飞行器、固定翼飞行器、直升机,并支持多种外围设备和多种飞行模式,技术比较成熟,在无人机市场的占有率比较高,但 MWC 飞控地面站的相关技术不太成熟,信号不稳定,影响了无人机的飞行稳定性。随着电子控制和编程技术的发展,MWC 飞控为满足不同用户需求,出现了低配版和高配版,其中,高配版功能更加全面,具备自稳功能,可以设定飞行器飞行高度,满足更高的飞行要求。

##### 3.3.3 KK 飞控

KK 飞控是法国研发的一种飞控技术,具备开源、造价低等优势,在传入我国后迅速得到很多科研团队的认可。照搬或模仿 KK 飞控开源程序和电路设计图可以在短时间内将无人机投入市场,促进了我国无人机行业的兴起。KK 飞控只搭载了低端陀螺仪,且缺少加速度计和 GPS 定位系统,导致其不具备自稳功能和定位功能,因此, KK 飞控近年来的应用范围和应用率有所下降<sup>[4]</sup>。

### 4 植保无人机避障系统控制策略

#### 4.1 避障系统硬件连接关系及原理

四旋翼飞行器可分为微控制器模块、六轴运动处理传感器 MPU6050、电机驱动模块、超声波测距模块。六轴运动处理传感器 MPU6050 搭载了三轴 MEMS 陀螺仪和三轴 MEMS 加速度计,内部安装的16位的ADC模块可将飞行器采集的模拟量转化为单片机处理的数字量,从而减轻单片机的工作量,降低飞行器故障率。微控制器模块是植保无人机飞行控制系统的核心,负责采集传感器监测到的姿态

和角速度,以及加速度和航向信息,并利用内部程序解析这些信息,计算无人机的输出控制量,通过控制植保无人机的电机转速来调整避障路线,及时处理无人机飞行过程中出现的偏离航线、失衡现象,保证植保无人机的作业安全。本文研究的 APM 飞控在植保无人机避障以 Lua 脚本为基础,设计了 PX4 驱动层,完善了无人机的自动驾驶功能,提升了植保无人机的避障能力。

利用飞行姿态传感器 MPU6050 检测无人机的飞行姿态,可以结合植保无人机摄像头拍摄的障碍物信息与微型控制器传回的数据信息,利用陀螺仪及速度传感器对飞行姿态进行检测,一旦发现植保无人机在避让障碍物时失去平衡,迅速调整无人机的空中姿态<sup>[6]</sup>。技术人员可以利用加速度传感器或者陀螺仪检测飞行器的倾斜角度和飞行姿态是否平衡,及时调整倾斜角,让植保无人机平稳躲避障碍物。

#### 4.2 超声波测距模块

植保无人机常在森林、山地作业,要具备一定的飞行高度,对避让技术的要求比较高。超声波传感器受温度影响比较小,几乎不受恶劣天气影响,通过超声波测距模块测量无人机与障碍物之间的距离,运用飞控系统控制无人机避让路线和动作。技术人员把超声波测距模块安装在无人机机身的 6 个方位(前、后、左、右、上、下),全方位搜集植保无人机的周边障碍信息,其中,前、后、左、右 4 个方向的超声波测距模块可以检测无人机周围是否存在障碍物,上、下两个方位的超声波测距模块负责平衡、控制植保无人机的起飞和降落速度,避免无人机撞到地面或障碍物。

对比红外线检测和超声波检测可知,超声波传感器更好地适应高空作业环境和多种天气,更适用于植保无人机避障,胜任农田和森林的喷洒作业、农田航拍和森林防火等工作。US-016 超声波测距传感器将超声波发射和接收融为一体,减小了外界环境对超声波的干扰,提高了无人机避障系统的测距精度,具备盲区小、测量范围广等优点,适合近地飞行作业。

#### 4.3 植保无人机避障系统调试

(1)技术人员要调试开源地面站,根据植保无人机的技术参数制定测试方案,校准源码、磁罗盘,保障无人机避障系统的正常运行。首先,技术人员要先打开 MP 地面站,利用数据线连接电脑和植保无

人机 APM2.8 飞控,设定无人机机型,连接相关网站下载主控程序,校准罗盘、速度计和遥控器。连接接收机和 APM2.8 飞控后,启动无人机遥控器,进行无人机飞行测试。无人机完全平稳后,可以点击电脑屏幕上的磁罗盘校准按钮,慢慢转动无人机飞控板,校准无人机磁罗盘。

(2)整体调试四旋翼植保无人机,观察无人机的飞行稳定性,在飞控模块上加上防震底座以减小振动。测试温度影响超声波测距模块的测距准确性,如果发现超声波图像波动不正常,可以调整电机和超声测距模块位置,减小二者之间的相互干扰,进一步提高植保无人机避障水平。

### 5 结语

植保无人机避障技术日益成熟,为我国农业植物保护工作带来了新的发展契机,我们要不断优化、创新植保无人机避让技术,提升其农药喷洒、农田航拍、森林防火等的作业效率,帮助广大农业科研人员、农民解决难题。技术人员要不断探索优化植保无人机避障技术,把人工智能、图像识别技术和传感器等融入植保无人机避障研究领域,提升我国植保无人机科研水平,促进我国智慧农业、绿色农业发展。

#### 参考文献:

- [1] 于坤林,司维钊.基于机器视觉的植保无人机障碍物检测技术研究[J].电子测试,2021(17):55-56.
- [2] 吴仪.四旋翼植保无人机避障喷雾姿态分析及优化试验研究[D].镇江:江苏大学,2021.
- [3] 孙柯,吴开华,王亚涛,等.基于毫米波雷达的植保无人机避障系统研究[J].传感器与微系统,2020,39(6):73-76.
- [4] 张之红.基于大型稀疏线性方程的农业植保无人机导航系统[J].农机化研究,2023,45(7):201-205.
- [5] 黄传鹏,毛鹏军,李鹏举,等.农用无人机自主飞行技术研究及趋势[J].中国农机化学报,2020,41(11):162-170.
- [6] 黄鑫.植保无人机避障及侧喷技术研究[D].镇江:江苏大学,2022.

作者简介:何向锋,男,1987年生,讲师。研究方向为无人机应用技术、机械设计制造及自动化。赵仁芳,女,1991年生,助教。研究方向为自动化、无人机应用技术。黄凤燕,女,1994年生,助理工程师。研究方向为电气自动化、农业机械化。蒋瑜,男,1988年生,工程师。研究方向为农业机械、机电一体化。