第八届大学生融合通信大赛

暨2018“创飞杯”无人机+创新创业大赛

项

目

计

划

书

团队名称：**USTC-Robotics码农队**

项目名称 ：

**智慧农业——结合深度学习的水陆两用农业植保无人机设计**

目 录

[一． 基本信息 1](#_Toc531292079)

[二． 项目概述 1](#_Toc531292080)

[2.1 项目背景 1](#_Toc531292081)

[2.1.1 农业生产的改良需求 1](#_Toc531292082)

[2.1.2 农业人口和土地管理等产业结构调整需求 2](#_Toc531292083)

[2.1.3 农业科技装备积极发展 3](#_Toc531292084)

[2.1.4 利好的政策环境 4](#_Toc531292085)

[2.2 项目定位 4](#_Toc531292086)

[三． 应用场景 6](#_Toc531292087)

[3.1 植保作业 6](#_Toc531292088)

[3.2 作物授粉 7](#_Toc531292089)

[四． 痛点与创新 8](#_Toc531292090)

[4.1 现有的痛点分析 8](#_Toc531292091)

[4.2 本项目的创新点 10](#_Toc531292092)

[五． 项目技术方案 13](#_Toc531292093)

[5.1 控制系统设计 13](#_Toc531292094)

[5.2 图像识别算法 15](#_Toc531292095)

[5.2.1 计算机视觉算法选择 16](#_Toc531292096)

[5.2.2 卷积神经网络 16](#_Toc531292097)

[5.2.3 详细内容介绍 19](#_Toc531292098)

[5.3 水陆两用设计 20](#_Toc531292099)

[六． 功能描述 20](#_Toc531292100)

[6.1 空域设定，路径规划 21](#_Toc531292101)

[6.2 智能识别，高效喷洒 21](#_Toc531292102)

[6.3 精准感知，灾害预警 21](#_Toc531292103)

[6.4 智能控制，水面起降 21](#_Toc531292104)

[七． 项目设计预计效果 22](#_Toc531292105)

[八． 所需资源 23](#_Toc531292106)

[8.1 已有基础 23](#_Toc531292107)

[8.1.1 技术基础——结合深度学习的无人机平台与植保无人机基础平台 23](#_Toc531292108)

[8.1.2 技术基础——飞控算法实验平台 23](#_Toc531292109)

[8.1.3 技术基础——Ardulipot全方位资源支持 24](#_Toc531292110)

[8.1.4 产品基础——团队产品化技术积累 25](#_Toc531292111)

[8.2 待改善资源 26](#_Toc531292112)

[九． 团队组成 26](#_Toc531292113)

# 基本信息

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | 智慧农业——结合深度学习的水陆两用农业植保  无人机设计 | | |
| 团队名称 | USTC-Robotics码农队 | 成员人数 | 4人 | |
| 所属院校及专业 | 中国科学技术大学，软件工程专业 | | |
| 团队负责人 | 曹力月 | 联系电话 | 13176277652 | |
| 邮箱 | yy1105526768@163.com | 微信号 | yy1105526768 | |

# 项目概述

## 2.1 项目背景

### 2.1.1 农业生产的改良需求

我国是一个农业大国，但数千年的农业发展历史中，一直存在农业生产效率低的问题，传统农业主要由劳动者凭习惯和经验进行生产，土地管理分散，科技含量低、经济效益低，人均农业经济效益和产生远低于发达国家。

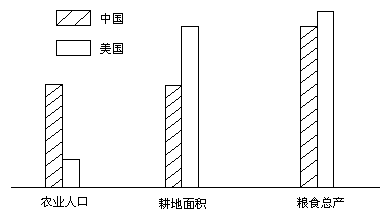


图2.1 中美两国农业生产效率对比

在我国社会主义新时期建设背景下，在改革开放四十年，工业生产力大幅度提高背景下，生态、安全、高效的精准农业是现阶段以至未来我国农业的发展方向，是实现全面小康、全面发展的必然需求。

### 2.1.2 农业人口和土地管理等产业结构调整需求

1978年，中国的农业户口人数为93383万人，而2018年该数字仅为原来的三分之一。随着我国城镇化率的不断提高，原有农村的大量人口转移到城市，为城市提供了廉价的劳动力资源,扩大了对生活资料和生产资料的经济需求,推动了经济增长。世界银行等机构研究证明,劳动力由低生产率部门向高生产率部门的重新配置对GDP增长的贡献份额大约为16%到20%。接下来十年时间，我国农村现在约还有1亿劳动力需要从农业中转移出来。将农业中大量存在的“零值农业劳动力”转移到二三产业就业,不会减少农业产出量,却可以带来国民经济产出量的增长。

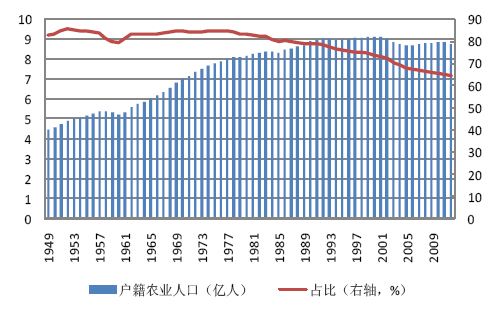


图2.2 农业户籍人口占比变化

对于农业人口流出地来说却同样存在负面影响。在家务农的实际上只剩下妇女、儿童和老人，势必有碍于科学知识的普及、良种的推广、土壤的改造、新技术的采用,也不利于农村产业结构的调整和向农业的深度、广度开发,从而对农业生产产生一定的不利影响。

同时，还存在着农业生态环境日益恶化，农业综合生产力尚低，抗灾能力差　耕地人均占有量逐年下降，众多荒地未经开垦等现象。

### 2.1.3 农业科技装备积极发展

科技是第一生产力，农业结构的转变与调整，生产效率的提高也离不开农业科技的支持。

过去十年，我国农业科技成果有两万五千多项。其中，农用无人机技术的出现、发展及应用对于推进未来我国农业现代化进程具有重要意义，其仅作业效果优于人工作业，且在作业效率、安全性保障等方面也有较大优势。这也迎合了我国在现代化农业发展过程中对新型高效农业技术装备的迫切需求。

农用无人机变得极具发展机遇，也展现出了作为农机装备领域新秀的无限发展潜力，但在农用无人机发展过程中还面临着一些亟待解决的问题。



图2.3 农用无人机

人工智能作为新一轮科技革命和产业变革的核心驱动力，对于赋能农业领域，形成生态、安全、高效的精准农业格局，提高农业的智能化，从而真正解决人力方面的不足和负担，具有巨大的优势和应用前景。AI+农业位列AI+垂直应用最热门的领域之一，是农业现代化的必然发展趋势。据统计数据显示，全球2016年AI农业规模为165亿美元，2025年将达200亿美元，经测算，2017年全球AI农业规模在170亿美元左右。

目前我国已进入加快推进农业现代化发展的新阶段，电商平台更是为其添了一把干柴。2017年我国人工智能产业市场规模在216.9亿元人民币左右，据不完全统计，2016年我国农业领域人工智能市场金额为4.322亿美元，2017年估测在5.29亿美元左右，占我国AI产业是规模15.85%（按1:6.5汇率换算），预计2025年将达到26.285亿美元，每年保持22.5%的复合年增长率，2025年中国AI农业规模占全球比重将达到26.29%。

### 2.1.4 利好的政策环境

我国高度重视人工智能重大战略意义，重磅产业支持政策不断出台。

随着计算机图像采集和数据处理硬件技术的发展，计算机视觉在农业领域的应用得到了广泛关注。2017年3月，"人工智能"首度被列入政府工作报告。科技部2017年5月印发的《“十三五”食品科技创新专项规划》中指出，基于计算机视觉系统的无损检测是构建食品安全监管大数据云平台的关键技术；国务院2017年8月引发的《新一代人工智能发展规划》将建立空地一体化的农业信息监测网络和大数据决策分析系统作为智能农业的主要任务；在2017年11月印发的《新一代人工智能发展规划》中曾提出，人工智能下一步发展将与各行业融合创新，在农业方面，未来将研制农业智能传感与控制系统、智能化农业装备、农机田间作业自主系统等。工业和信息化部2017年12月印发的《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018-2020年）》中将在线无损检测系统等智能装备的精度和效率列为智能制造领域重点突破技术。

综上可以看出，人工智能技术在农业领域的应用将迎来极速的发展。而站在国家发展战略的高度，探索人工智能赋能农业领域应用方面的缺口，进行技术创新，顺应时代的需求，具有刻不容缓的重要性。

## 2.2 项目定位

本项目立足于我国南方农业实际，结合农业生产现状和实际需求，设计一系列具有作业数据采集、生产策略优化、适用领域广的农业植保无人机。

植保无人机，是用于农林植物保护作业的无人驾驶飞机，由飞行平台、导航飞控、喷洒机构三部分组成，通过地面遥控或导航飞控，来实现喷洒作业，可以喷洒药剂、种子、粉剂等。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **人工植保** | **无人机植保** |
| 效率 | 人工平均每天喷洒8~10亩地，效率不足，而病虫害来势凶猛，大面积灾害很难及时扑灭。 | 无人机平均每天一天可以喷洒400-800亩，是人工效率几十倍，且相比人工成本低得多。 |
| 机动性 | 水田、梯田、山地不易人工作业。 | 不受地理因素制约。 |
| 喷洒  效果 | 无法喷洒到植物茎叶或者根部。 | 喷洒均匀和雾化效果好，在无人机风场作用下，雾滴穿透力强，植物正反面均能着药。 |
| 环保性 | 存在农药飘移，农药残留带来的土地、水质污染问题。 | 无人机平均作业省药30%，省水90%，有效解决农药残留及土壤，水源污染问题。 |
| 安全性 | 直接暴露于农药的危险，高温作业中暑的风险。 | 在作业过程中农药对植保人员距离较远，毒性药剂对植保人员损伤小。 |

**该项目具体工作包括：**

1. 结构设计方面，对现有喷嘴进行改良；
2. 增加无人机视觉装备，结合深度学习卷积神经网络进行图像识别，根据图像信息智能调节农药的喷洒量；
3. 针对南方水系多，水域面积大，水产丰富的特点，解决水面环境多干扰因素下的飞行鲁棒性，在控制系统方面尝试结合深度强化学习进行训练，并增加水面适配结构件，最终实现水陆两用的植保无人机功能。

本产品的服务对象主要是农业工作者，畜牧业从业者，护林人员，城市绿化管理人员。

**本产品的特点有以下三点：**

1.高效：无人机可以连续工作，不需要大量的休整时间，一次可以起落多架无人机，同时进行运作，改良后的喷头可以提高喷洒范围，均匀喷洒效果，扩大着药面积，。

2.安全：通过对人力工作的替代，降低工作人员与农药等可能有害物质的接触：在较为危险地段，比如淤泥地区、植物密集区、峭壁地区或者广袤水域，使用无人机代替工作人员进行作业，将保障工作人员的生命安全。

3.节约：评估虫害程度然后调节喷药量和进行路径重规划，虫害区严重的路径喷洒密集一些，而虫害区较轻，或者无虫害区域的路径喷洒稀疏一些，这样可以节约大量相关化学物质的成本，也能降低对周围环境的破坏，减少对环境的修复成本，对人工的替代，将节约大量人力成本，降低企业的资金投入。

# 应用场景

## 3.1 植保作业

传统的手工、机械式植保作业不仅效率低下、耗时费工，还不能保障较好的作业效果，并且存在着一定的安全问题和安全隐患。农用植保无人机的作业能适应多种地形环境，作业效果优于地面机械和人工作业。当气候、地形变化时，无人机能代替地面机械进行农事生产，对农作物开展施药施肥，保证农作物长势，并有效提高其品质。无人机工作时产生的向下气流，能提高雾流对作物的穿透性，保证正反叶面均能着肥着药，还具有杀除作物生长环境中的病菌和害虫的效果，为作物提高良好的生长环境。

农用植保无人机的飞行作业速度一般为3～6m/s，飞行过程中能保持与作物1～2m的固定高度，规模作业时能保证5.3～6.7hm2/h的效率，效率时常规喷洒的数十倍。农用无人机的作业不受耕作模式及区域的限制，自动飞控导航作业能有效保证操作人员的安全，并改善了植保机械和人工作业进地难、效果差等不足。



图3.1 无人机替代人工进行农药喷洒

## 3.2 作物授粉

传统的杂交稻制种人工牵绳授粉、人工辅助授粉，每个劳力每天可授粉0.2～

0.33hm2，花粉传播距离近，劳动强度大；而电池动力无人直升机辅助授粉每天的有效授粉时间约30min，授粉2～3次，可完成约4hm2制种的授粉作业，异交结实率可达45.1%，产量为193.2kg/0.067hm2；油动力无人直升机辅助授粉每天有效授粉时间约30min，授粉2～3次，可完成约4hm2授粉作业，异交结实率可达47.2%，产量为181.7kg/0.067hm2。相比人工授粉而言，无人机辅助授粉能大大降低劳动强度，节约人工成本，并保证授粉的效率和质量。



图3.2 无人机进行作物授粉

# 痛点与创新

## 4.1 现有的痛点分析

我国农业现阶段所掌握的农用无人机技术还存在着较多问题，大部分无人机存在着对配套的施药设备性能和核心技术研究不够深入全面，出现设备使用效果差、喷出的雾滴谱过宽及药液沉积难以控制，图像识别的精度和效率低等问题，且操作难度较高,导致与市场需求难以契合。

**1.现有施药设备不够精良**

大部分无人机存在着对配套的施药设备性能（包含各式喷嘴性能）和核心技术（流体分析研究）研究不够深入和全面、设备使用效果差、喷出的雾滴谱过宽、对靶性能不佳、流场干扰严重，以及药液沉积难以控制等大量问题。

**2.无法准确对相应施肥部位喷洒**

关于给作物施肥，例如果树，方法有很多，有环状施肥、放射状施肥、条沟施肥、穴状施肥、叶面施肥、钻孔施肥等，不管施肥方法有多少种，但总的来说，即土壤施肥和叶面施肥。叶面施肥主要是在果树生长季节进行，除了要注意施肥时间、施肥环境、施肥用量、施肥浓度，特别要注意施肥部位，叶面施肥侧重喷洒叶背部，因叶背面角质层薄，气孔多，并具有疏松的海绵组织和较大的细胞间隙，有助于肥液的渗透和吸收。



图4.1 作物虫害

**3.缺乏农业科学化及数据化生产设计**

除了替代人力进行农药喷洒，农用无人机还应具备作物和害虫识别等功能：在虫害识别方面，通过评估虫害程度来调节喷药量和进行路径重规划，使得虫害区严重的路径喷洒得密一些；在作物等识别方面，利用无人机巡检，如检测一般植物的生长情况、干旱洪涝情况等，从而有效地节约人力资源，且提高农作物产量、质量，提高农业机械化的发展。

传统方法中一般是通过有经验的农民和昆虫分类专家对害虫进行识别，但人工识别劳动强度大、效率低。因此，通过农用无人机巡视，获取图像信息，进行害虫等的识别，将有助于提高昆虫识别与计数的准确率和效率，减少虫害带来的损失，减轻人力负担，进而促进精准农业的实施。然而，现有的图像自动识别方法及系统识别率不高，鲁棒性差，多数难以推向实际应用。

**4.农民使用体验难以契合**

目前，我国民用无人机技术日渐成熟，但其实用性和适用性仍然存在不足，难以真正地满足市场需求。

一是目前大量无人机研发针对的是农业产业化程度较高的平原地区，这是由目前的常用的无人机控制技术难以满足无人机在复杂地形中起降的要求所决定的。然而，在实际中，地形更为复杂的丘陵、山地、水系发达地区对农业无人机的应用需求更为迫切。

二是操控难。农用无人机的主要使用人群是农民，他们对先进技术设备的了解程度较低，这就要求农用无人机的操作能够尽量地简单。但现有无人机的系统集成度不高，操作上手不易，培训周期为2个月左右，操作不慎会导致无人机失控或坠落。



图4.2 丘陵、山地地区

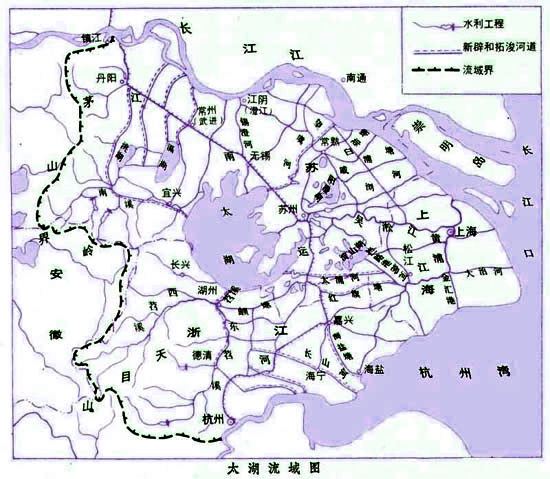


图4.3 水系发达的太湖流域

## 4.2 本项目的创新点

由于传统的无人机存在智能化程度不够的问题，所以我们在改变无人机原有喷洒设备的基础上，结合人工智能技术优化无人机在害虫、作物等农田场景的识别效率和精度，同时卷积神经网络在图像处理和识别领域具有先天的优势，而强化深度学习可以优化无人机起降的稳定性控制。因此我们结合人工智能技术做了以下的创新。

**1.** **改良施药结构，提高喷洒均匀度**

采用校企联合研发的新式离心喷嘴，改进了原有喷嘴样式，将离心喷嘴旋转盘上安装一定弧度的槽孔，使得农药流过旋转盘后高速离心，保证了喷雾均匀、喷幅宽的效果。

新型雾屏发生装置安装在螺旋桨桨毂上端位置，使得喷雾向上喷洒，可以准确喷洒到作物的叶背面，有效解决了以往人工喷洒树木农药时向上喷洒不充分不均匀、农药喷雾下沉造成操作人员中毒的危害。

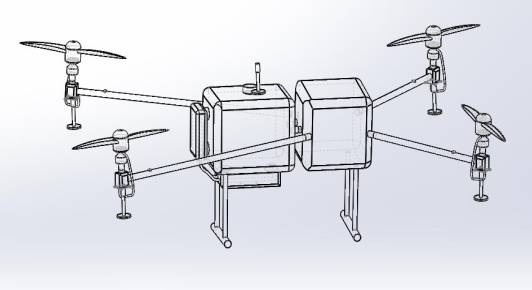


图4.4 应用新式离心喷头的植保无人机三维图

**2.提高喷洒效率**

通过借助螺旋桨旋转的高速离心力获得强大压力来喷洒农药，取消了为安装压力喷头而增加的输药管，同时改变原有孔槽，保证了喷雾均匀，避免了由于喷雾颗粒过大，喷洒不均匀所造成的农药浪费，效率过低的问题。

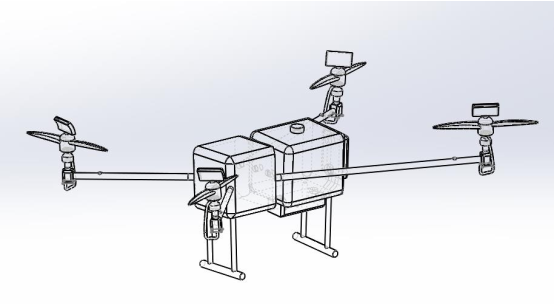


图4.5新型雾屏发生器喷嘴植保无人机三维图

**3.深度学习进行图像识别，智能调节喷药量**

在当今深度学习领域，基于有监督和无监督结合的深度卷积神经网络成为最为前沿的研究热点。将卷积神经网络应用于无人机，能够提高图像识别精准度，且识别种类多，对不同图像类内变化鲁棒，类间相似性敏感性强。

在虫害识别方面，通过评估虫害程度来调节喷药量和进行路径重规划，使得虫害区严重的路径喷洒得密一些；在作物等识别方面，利用无人机巡检，如检测一般植物的生长情况、干旱洪涝情况等，从而有效地节约人力资源，且提高农作物产量、质量，提高农业机械化的发展。



图4.6 虫害精准识别

**4.强化学习辅助飞行控制，降低操作难度**

植保无人机操作要求简单，但现有无人机系统集成性不高，上手难，操作不慎，会导致无人机失控或坠落。而该无人机属于轻型无人机，操作简单，主要可用于丘陵山地等地势，灵活性高。同时，人工智能在无人机决策和规划中的应用，即通过强化深度学习(DRL)来训练无人机，能够实现高精度和稳定性的航迹动态规划和智能避障，通过构建惩罚函数，强化学习模型，帮助无人机了解其各个飞行动作的优劣，选择更好地策略来平稳飞行和起降。

**5.复合结构设计，水陆两用**

我国江南地区，尤以苏州地区为代表，水系发达，给人工植保带来了极大的不便。而现有的农业无人机也主要应用于陆地或者部分水田的植保作业中，若能实现无人机在自然水域中平稳起飞和降落，那么农业无人机的应用将得到进一步推广。



图4.7 苏州阳澄湖水产地区

为了实现这一目标，在软件方面，将深度强化学习应用到无人机控制技术中，进一步提高无人机起飞和降落时的稳定性；硬件方面，参考无人船的结构设计，创新性地为无人机添加了气垫结构，使无人机具有了在水上起降的能力。



图4.8 水陆两用无人机模拟图

# 项目技术方案

经过团队的学习讨论，初步拟定本次植保无人机项目的总体技术方案，如图5.1所示。

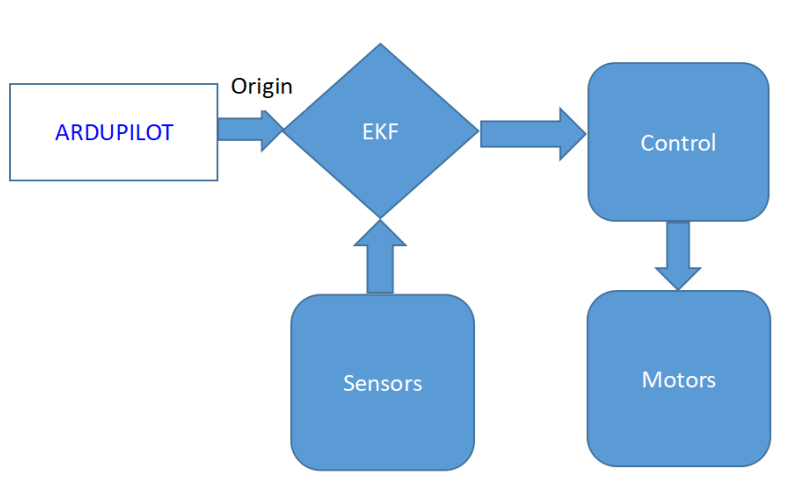


图5.1 总体技术方案

## 5.1 控制系统设计

无人机主要由机身、姿态控制、导航控制、电源系统、农药储存释放系统及起降系统等组成。无人机采用GPS方式导航。导航系统地面站主要负责GPS信息与电子罗盘信息采集，坐标转换，飞行控制策略确定及控制任务执行等。首先，飞行器需有足够的载重能力，以保证控制模快、信息采集系统和农药任务设备的携带；其次，外形设计合理，以保证飞行稳定和对各种气流有较好的适应性；第三，能够适应丘陵及平原田野的特殊环境的一些特殊要求。

为此，我们结合杭州启飞智能公司提供的农业植保无人机，并设计了飞行姿态控制系统、起降系统、图像识别以及运用强化学习来训练无人机。

图5.2 控制系统框图

传统的无人机姿态解算使用卡尔曼滤波算法，其是基于迭代预测的滤波方法，能根据当前状态，结合观测数据，通过修改状态值以及观测值的比重，预测出下个时刻的状态值及协方差。由于传感器测量过程中不可避免的积分误差及漂移，采用基于卡尔曼滤波的数据融合，使得运行中误差得到持续纠正。

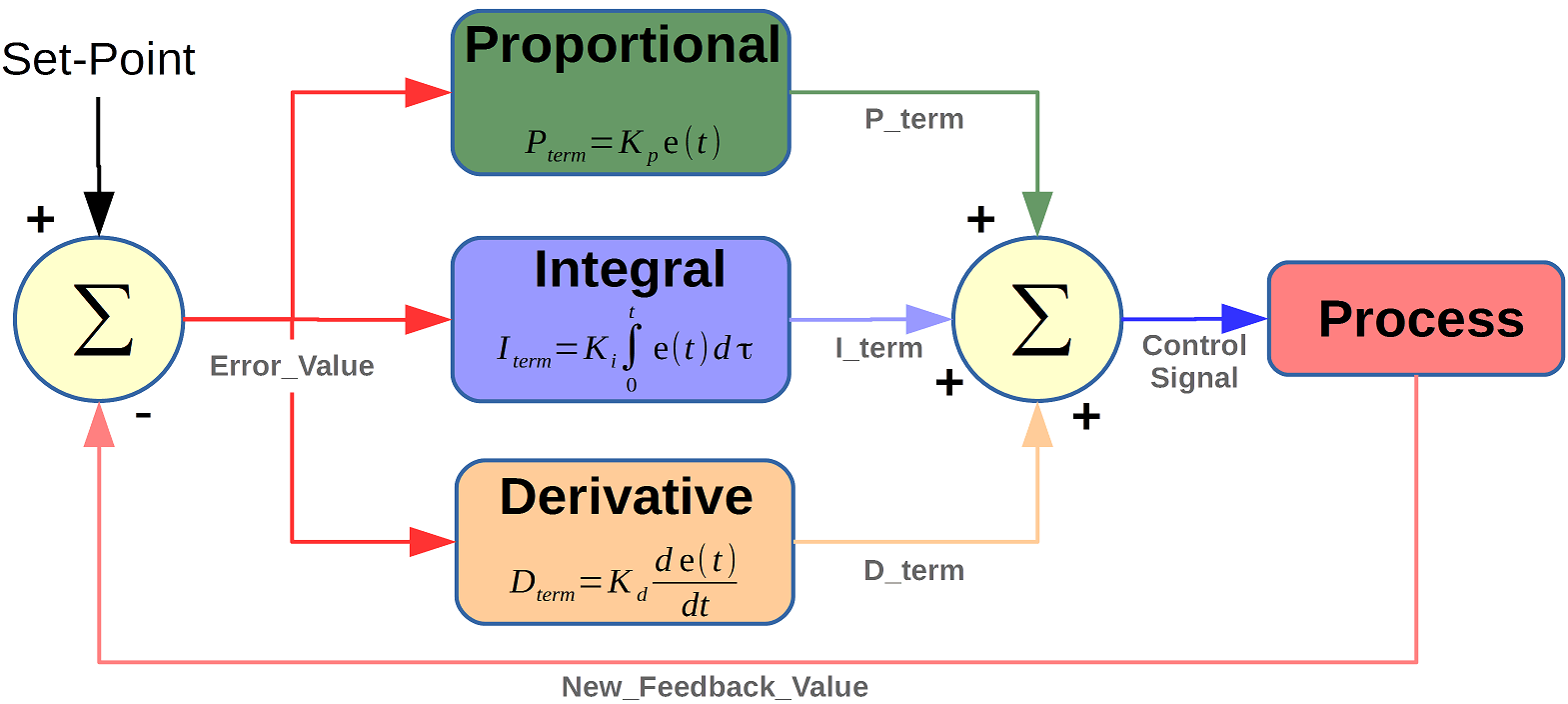
传统的无人机在控制方面使用PID算法，结合卡尔曼滤波算法，控制飞机起降，改变飞行动作，及进行路径规划等任务。图5.3展示了传统的PID算法框图。

图5.3 PID算法框图

人工智能技术的发展为无人机控制算法提供了新的思路，本项目计划使用深度强化学习的方法，使用传感器采集的数据训练网络模型，利用优化后的神经网络进行姿态数据的预测，从而取代传统的PID和卡尔曼滤波算法框架。

具体技术路线上，本项目基于ArduPilot开源代码的架构，在研究自抗扰控制算法的基础上，设计自抗扰控制器，利用人工智能算法优化控制参数，实现无人机姿态、位置、高度等环路的稳定控制。通过构建惩罚函数，强化学习模型，帮助无人机了解其各个飞行动作的优劣，选择更好地策略来平稳飞行和起降，从而实现在恶劣环境下可以很好地工作。

图5.4 本系统的设计路线

## 5.2 图像识别算法

随着人工智能的发展，以深度学习为代表的人工智能技术被广泛运用到图像识别领域，尤其是卷积神经网络模型在图像识别中发挥出了巨大的威力。将卷积神经网络模型应用到植保无人机中，进行农作物的识别和虫害的评估，对于提高作业的精度和效率，增强鲁棒性，具有意义非凡的适用价值。

在图像数据集收集方面，目前已有一些开源的农业图像数据集，可以进行深度神经网络的训练。此外，利用学院的实验平台和启飞公司的支持，以及苏州周边地区的优越条件，本团队计划采集自己的无人机和农业图像数据，建立结构完整内容有效的相关数据库，用以优化网络模型，提升无人机的性能。

### 5.2.1 计算机视觉算法选择

目前比较有代表性的几种典型的传统特征提取算法包括SIFT、LBP、HOG等局部特征和PCA、ISOMAP、LDA等全局特征，而本项目涉及的深度学习算法主要有自编码器、卷积神经网络和对抗式生成网络。

随着数据量的爆发式增长和计算机算力的大幅提升，深度学习近年来得到了快速地发展，被广泛运用到图像识别领域，发挥出了巨大的威力。

**相比于传统的图像识别算法，深度学习算法具有以下优势**：

1.从统计与计算的角度看，深度学习特别适合处理海量数据。随着图像特征的增加，算法输入特征的维度也相应增加，传统的图像识别算法在处理高维数据时，效果十分不理想。深度学习在图像领域更加有效，因为其不但关注了全局特征，更是利用了图像识别领域非常重要的局部特征，将局部特征抽取的算法融入到了神经网络中。图像本身的局部数据存在关联性，而这种局部关联性的特征是其他算法无法提取的。除此之外，用较为复杂的模型降低模型偏差、用大数据提升统计估计的准确度，这些提升算法准确率的措施，都对算法的性能提出了较高的要求，深度学习在这些方面的性能更加强大。

2.深度学习不是一个黑箱系统，它提供了一套丰富的、基于联接主义的建模语言。利用这套语言系统，可以表达数据内在丰富的关系和结构。比如用卷积处理图像中的二维空间结构，用递归神经网络（Recurrent Neural Network）处理自然语言等数据中的时序结构。

3.深度学习几乎是唯一的端到端的学习系统。它直接作用于原始数据，自动逐层进行特征学习，整个过程直接优化目标函数。

综上所述我们决定采用深度学习算法中的卷积神经网络进行图像识别。

### 5.2.2 卷积神经网络

下面展示了CNN的工作流程以及典型的CNN结构。



图5.5 卷积神经网络模型进行图像识别的工作过程

如图5.6所示，一个典型的CNN由数据输入层（Input Layer）、卷积层（Convolutional Layer）、池化层（Pooling Layer）、全连接层（Fully Connected Layer）和输出层（Output Layer）组成。

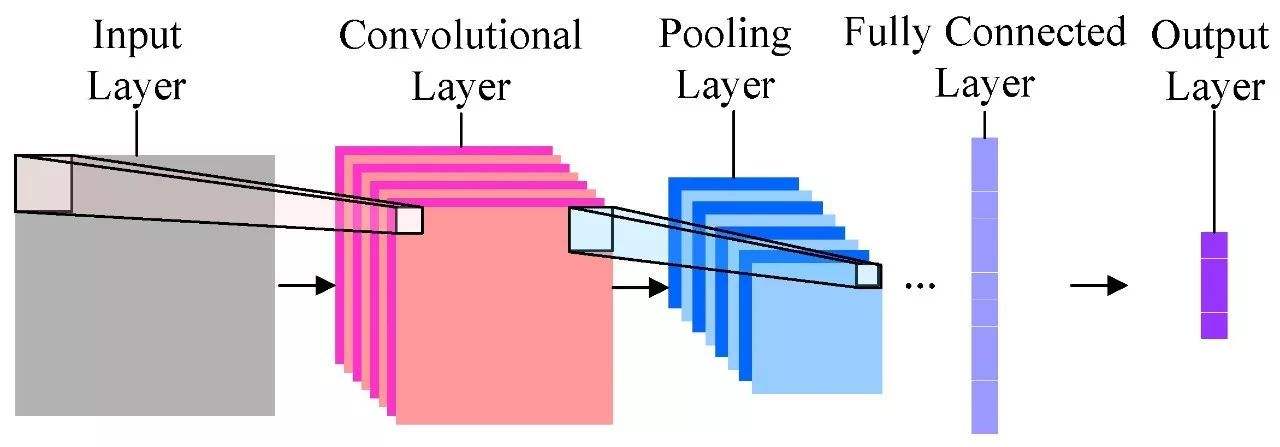


图5.6 卷积神经网络结构

**1.数据输入层**

该层要做的处理主要是对原始图像数据进行预处理，其中包括：

A．去均值：把输入数据各个维度都中心化为0，其目的就是把样本的中心拉回到坐标系原点上。

B．归一化：幅度归一化到同样的范围，即减少各维度数据取值范围的差异而带来的干扰。

C．PCA/白化：用主成分分析（principal components analysis，PCA）对数据进行降维；白化是对数据各个特征轴上的幅度归一化。

**2.卷积计算层**

这一层就是CNN最重要的一个层次，也是“卷积神经网络”的名字来源，它通过卷积运算和激活函数对数据进行处理。

卷积运算的表达式如下：



离散形式为：



上式中，t表示时间序列，a表示测量结果距当前时刻的时间间隔，x为输入特征，w为核函数。由卷积运算的表达式可以看出，卷积运算对局部数据给予了更高的权重，更加关注局部特征。

卷积运算通过稀疏交互（Sparse Interactions）、参数共享（Parameter Sharing）和等变表示（Equivariant Representations）等三个重要的思想来改进学习系统。

得到卷积运算的结果后，通常使用激活函数对其进行非线性映射。

**3.池化层**

池化层夹在连续的卷积层中间， 用于压缩数据和参数的量，减小过拟合。如果输入是图像的话，那么池化层的最主要作用就是压缩图像。

池化层的具体作用：1.特征不变性 2.特征降维 3.防止过拟合

特征不变性在图像处理中经常提到的特征的尺度不变性。图像压缩时去掉的信息只是一些无关紧要的信息，而留下的信息则是具有尺度不变性的特征，是最能表达图像的特征。

特征降维体现在一幅图像含有的信息是巨大的，但是有些信息对于图像识别没有太多用途或者用途重复，因此可以把这类冗余信息去除，把最重要的特征抽取出来。

**4.全连接层**

两层之间所有神经元都有权重连接，也就是和传统的神经网络神经元的连接方式相同，结构如图5.6所示。通常全连接层在卷积神经网络尾部。

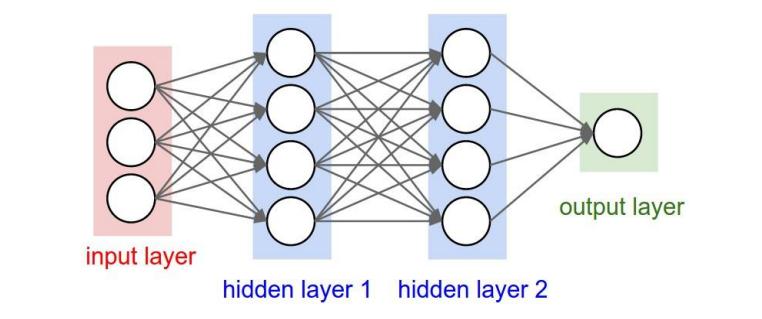


图5.7 全连接的神经网络结构

CNN的工作本质是对输入图像进行多分类，即将输入图像与数据库中的图像进行匹配。CNN模型的输出以概率的形式给出了输入图像属于某一个类别的可能性，某一类别对应在模型输出的概率最大，即输入图像最可能属于该类别，也就完成了对图像的识别与分类。

### 5.2.3 详细内容介绍

**1.目标分割**

重叠目标的分割与定位是果蔬采摘机器人视觉系统的关键环节。实验中可选取特定水果并对比典型目标分割算法的可行性，并针对自然场景下拍摄图像中目标分割任务存在的难点进行算法研究。

**2.图像检索**

植物叶片的识别与分类在对于区分叶片种类，探索叶片起源和宣传植物科普知识具有重要意义。实验重点分析形状特征在叶片检索系统中的应用效果。

**3.图像识别**

大田害虫识别：农田害虫的识别与统计是虫情灾害预报、精准防治的依据，通过及早控制害虫，可以减少农药用量、避免农作物遭受损失。害虫识别涉及到的知识包括背景分割、特征提取和判别建模等。

水果种类识别与分级：水果种类识别是水果加工中的基本问题，为水果存储和包装的自动化提供依据。基于外部品质(如果个大小、色泽、果形指数等)的水果分级技术是实现优果优价、提高经济效益的重要途径。水果分级涉及到的知识包括目标分割、颜色分析、形状分析和判别建模等。

田间杂草识别：田间杂草识别是农田除草和喷药机器人应用中的基础问题。以网络公开数据集Crop/Weed Field Image Dataset (CWFID：<https://github.com/cwfid>)为例，设计快速有效的田间杂草识别算法。

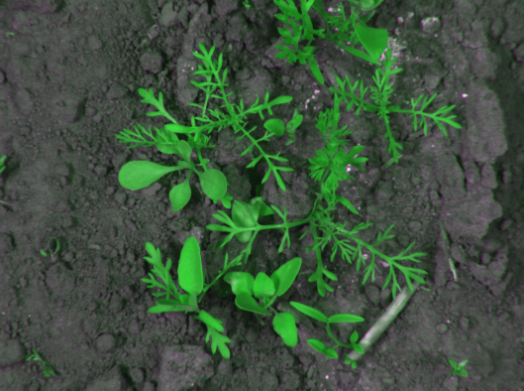
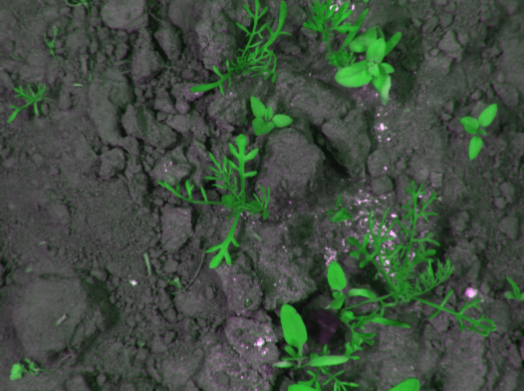
 

图5.8 田间杂草图片数据集示例

花朵识别：以网络公开的花朵识别图像数据集(<http://www.robots.ox.ac.uk/> ~vgg/data/flowers/)为例，构建花朵识别算法。

图5.9 花朵图片数据集示例

作物病害识别：以PlantVillage网站发布的作物病害图像数据集为例，建立基于卷积神经网络的作物病害识别算法。

**4.目标属性估计**

以水果颜值简易评分系统的设计与实现为例，构建水果颜值评分的数据库，通过特征提取和回归建模，实现水果颜值的自动评分。

## 5.3 水陆两用设计

在国内，水陆两用无人机仍有大片空白。近期，金山旗下的优伟斯无人机制造商自主研发了大型的水陆两用无人机系统，其在海洋海事、物流运输、内陆湖泊监测、地质勘探等领域有广阔的应用前景。但在农业领域，植保无人机应尽量小巧轻便，具备高度的可操作性。本团队预计在原有的植保无人机系统上进行硬件设备和软件平台的改进，使其能够应用于南方的水陆农田区域。苏州的阳澄湖地区是一个很好的试验点和测试站，方便后续无人机开发的演示。在项目实现过程中，需要进行机身材料的选择，机体结构的设计，飞行控制算法的适应优化等工作。

# 功能描述

本项目拟将通过卷积神经网络和深度强化学习优化后的无人机应用到植保农业领域，尤其是在丘陵山地等地理限制较高的环境中，使用无人机进行作物的识别和虫害的评估，根据虫害分布的密度进行路径重规划并调节农药喷洒量，同时进行农作物巡检，帮助人们了解农作物的生长情况，减少人工的劳动强度，以及解决人力作业带来的危险性和不精确的问题。

## 6.1 空域设定，路径规划

对于待作业区域，提前使用植保无人机进行巡视，对该区域生成2D和3D地图。根据生成的地图，可以自主设定无人机飞行的空域和作业路线，大大提高了农业作业的效率和安全性。

## 6.2 智能识别，高效喷洒

通过运用卷积神经网络，对农作物种类、杂草、虫害等进行精准识别，并将识别结果返回，从而判断出待喷洒地区的当前状态，用户可以根据农田的状态来调整农药喷洒方案，对杂草较多或虫害更为严重的区域增大喷药量。这样，不仅可以有效提高农药喷洒效率，还能减小因误喷洒带来农作物损失的可能性。

## 6.3 精准感知，灾害预警

通过对田间的农作物、杂草、害虫和地理环境等的智能识别，无人机能够准确地获得作业区域的生长状态，用户能够根据作业区域的状态，来获得农田的地理和气候信息，从而根据天气、季节气候等因素来调整农业喷洒用量，甚至对自然灾害做出预警。

## 6.4 智能控制，水面起降

除了卷积神经网络，深度强化学习也将被应用到无人机控制中。目前，实际应用中的无人机对于起飞和降落时的地形要求较为平坦，通过深度强化学习，无人机能够在较为复杂的地形，甚至是水面上平稳的起飞和降落。同时，无人机飞行过程中的动态性能目前也不是十分理想，通过深度强化学习，无人机的航向、高度调整等的实时性和快速性能够得到一定的提高。

由于深度强化学习在无人机中应用的技术难度较大，因此我们的第一阶段目标是实现无人机的图像识别功能。在此基础上，我们再对深度强化学习进行攻关，完成这一目标。

# 项目设计预计效果

在本项目设计中，我们期待得到以下的预计效果：

1. 通过卷积神经网络和无人机高分辨率的摄像头使用的结合，降低在传统的图像识别算法在处理高维数据时，产生的识别效果差，运算效率低下，不能记忆每次的识别特征及识别结果等情况，使无人机的识别效果不再只局限于某一试验场地，而是可以推广大范围使用，在其他的使用区域也有较好的适应性，通过深度强化学习在无人机控制方面的运用，平稳无人机在复杂环境中起飞和降落时的抖动和不稳定性，减少无人机的危险动作，保护无人机自身的安全，及时调整无人机的航向，增强无人机姿态调整的实时性和快速性。

在此基础上，以下几个方面将得到较大的改善或拥有新的功能。

2. 提高农作物的植保效率：使农业植保无人机的作业可以适应多种地形环境以及各种天气环境，即使在较为恶劣的环境中也能拥有较好的性能。利用无人机工作时产生的向下气流，提高农药雾流对农作物的穿透性，使农作物均匀着药；利用自动飞控导航作业对人工作业的替代，降低人力资源的成本，保障操作人员的安全，改善由于人工作业带来的某些不足，例如工作人员进地难，精力不足而导致植保效果差等。

3. 增强对林业时查时管的作业能力：通过对高分辨率的摄像设备的使用，利用高速网络带宽，从而有利于林业管理人员及时精确掌握自己所在辖区的森林现状，在森林的资源调查及荒漠化检测，病虫害检测，森林或者检测等方面具有较强的预警能力。

4. 保证作物授粉的质量和效率：在人工辅助授粉的难度较大，效率较低的背景下，采用电池动力的无人机辅助授粉，可高效率的重复繁重枯燥的授粉工作，有效提高授粉的范围和次数，节约人工成本，弥补人工作业带来的遗漏。

# 所需资源

## 8.1 已有基础

### 8.1.1 技术基础——结合深度学习的无人机平台与植保无人机基础平台

本团队所在的中国科学技术大学苏州研究院移动机器人实验室与杭州启飞智能科技有限公司正在合作“人工智能+无人机（AI+UAV）”的校企联合工程实践项目。该项目利用学校实验室和启飞企业的双重资源，一同探究人工智能理论和算法对无人机在导航、任务规划和目标识别等环节的功能和性能表现。

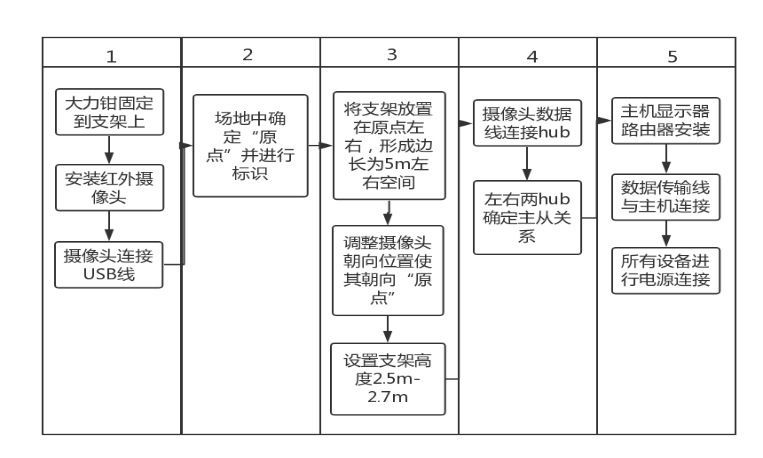
在人工智能方面，团队已具备AI所需的数学理论基础，并系统学习了有关深度神经网络，卷积神经网络等相关知识，前期已经积累一定的运用神经网络在识别方面的工程经验。

在无人机方面，本团队调研了无人机的基础知识，并在持续研究飞行控制原理、导航定位、多信息融合技术等，能够动手搭建仿真实验环境或实际开发平台。

### 8.1.2 技术基础——飞控算法实验平台

多旋翼无人机的微机电系统(MEMS)陀螺仪解算的姿态角短时精度较高，但积分漂移严重，且对载体的振动敏感。随着时间的推移和积分运算，漂移误差会不断累加变大。MEMS加速度计则具有较好的静态性能，解算姿态角时不存在积分过程，但动态响应速度慢，短时精度差。

移动机器人实验室引入QBall2-OptiTrack实验平台，其包括QBall 2，地面控制站和OptiTrack相机，能够提供提供了高分辨率板载航空数据和精准的室内定位和跟踪。

图8.1 QBall2-OptiTrack系统结构图

实验室在验证了数据融合基本原理和姿态解算原理的基础上，利用QBall2-OptiTrack实验平台实现姿态解算，在厘米级定位实现中良好地保证了系统的实时性，并合理配置重心使得平台能适应不同的突发情况。

### 8.1.3 技术基础——Ardulipot全方位资源支持

今年10月15至16日，在苏州市政府的大力支持下，由赫星科技有限公司和苏州星圳智能科技有限公司共同主办，我院协办的“第二届ArduPilot全球无人机开发者大会”在苏州举行。

ArduPilot是由世界各地的志愿者共同管理，利用互联网进行沟通，规划，

图8.2 本团队与ArduPilot团队成员合影

开发和支持的开源无人机社区。作为大会的协办单位，我院立足嵌入式系统设计专业基础，在无人机开源社区建设、工程实践联培方面提出合作意向，并与国内外开发者多次在线沟通。

### 8.1.4 产品基础——团队产品化技术积累

学院移动机器人实验室自己动手配备了30架花样飞行无人机机群，并在中国科学技术大学60周年华诞之时首次亮相，呈现了精彩的表演。30架四旋翼无人机均装饰了七彩色LED，分为头机和从机两类角色，根据任务规划所分配的路径，头机按照指定航迹自主飞行，从机根据头机航迹和避障要求做配合飞行，使整个机群呈现出设定图案的绚丽效果。

对于该机群的设计，移动机器人实验室团队硬件上从零部件采购、电路焊接到借助公模组装，实现了所有环节的覆盖，并结合开源软件进行二次开发，实现了飞控稳定、平滑和鲁棒性的特点。对于机群的编队飞行，实验室团队进行了多次方案论证，特别是在GPS、RTK的选型和冗余控制设计上反复验证。最终以市场同类机型1/4的价格完成了软硬件主体开发、任务规划、航迹控制等设计工作。

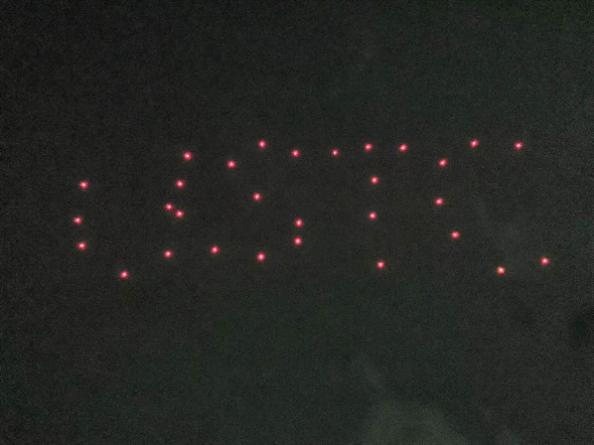
 

图8.3 无人机编队等待起飞 图8.4 无人机排列出USTC的图案

![D:\腾讯QQ\个人数据\354496262\Image\C2C\`@](OS3_QYBF%FVZVU5UC2B.jpg](data:image/jpeg;base64,) 

图8.5 无人机排列出60的图案 图8.6 无人机列队在天空中旋转

## 8.2 待改善资源

1.GPU，用以训练深度神经网络。

2.高分辨率摄像头，搭载于植保无人机。

# 团队组成

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 姓名 | 分工 | 专业 | 联系方式 |
| 1 | 曹力月 | 软件设计 | 软件系统设计 | 13176277652 |
| 2 | 林永欣 | 硬件设计 | 嵌入式系统设计 | 13929146102 |
| 3 | 吴林文渊 | 软件设计 | 嵌入式系统设计 | 15274934602 |
| 4 | 汪磊 | 硬件设计 | 嵌入式系统设计 | 18655326690 |

**成员背景**

曹力月：本科毕业于西北农林科技大学计算机科学与技术专业，所在本科学校一直致力于计算机工程与农林领域的结合，具有软件开发的相关经验。研究生方向为软件工程，软件系统设计专业；

汪磊：本科毕业于大连理工大学电气工程专业，具备相关硬件调试经验和嵌入式系统设计的基础。研究生方向为软件工程，嵌入式系统设计专业；

林永欣：本科参加多项创新创业比赛、科技竞赛，并多次获得省部级奖项，期间还获得北京大学创业训练营结业证书以及天津市首届“爱闯杯”创业大赛“青年梦想家”称号，具有丰富的STM32开发经验。研究生方向为软件工程，嵌入式系统设计专业；

吴林文渊：本科毕业于湖南大学智能科学与技术专业，所在专业强调将人工智能等知识运用于相关机器平台上，具备一定软硬件知识。研究生方向为软件工程，嵌入式系统设计专业。