

# 研究生期间科研项目介绍

## 本人信息

26 应届-马重阳

学校：北京化工大学

专业：控制工程

研究方向：多机器人协同定位与导航

## 项目一

### 面向桥梁巡检任务的自主无人机巡航系统

#### 项目整体流程

- 1.无人机首飞：完成桥梁模型构建，并保存关键帧描述符，RTK,关键帧位姿等信息
- 2.桥梁模型导入与重定位：基于当前帧与历史帧进行匹配，求解相对位姿
- 3.在线航迹点选择：结合桥梁模型选择多个航迹点
- 4.避障巡航：全局规划器规划航点遍历顺序，遍历航点

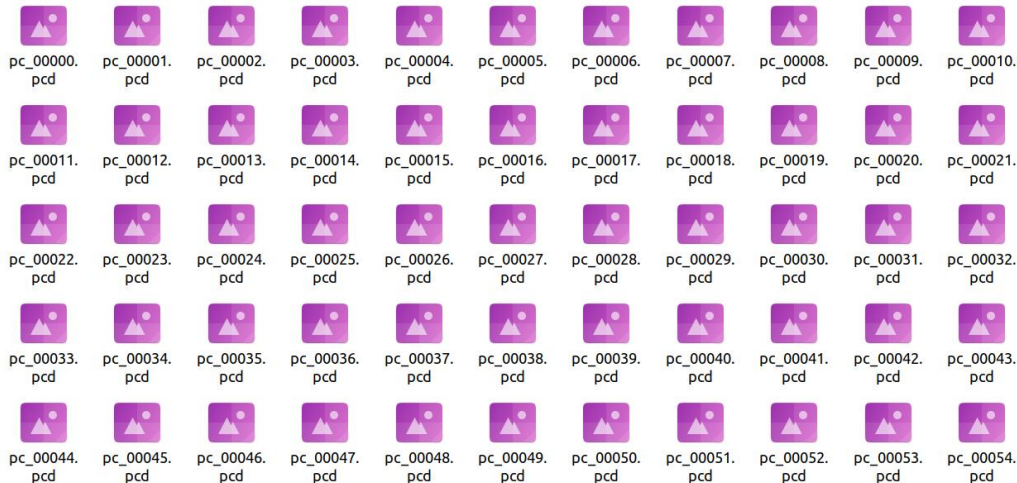
#### 一、运行建图代码

- ① 进入工作空间，并打开终端
- ② 开启雷达，相机，px4 驱动程序
- ③ 另开启一个终端，输入 `source devel/setup.bash`
- ④ 输入 `roslaunch dlio mapping.launch` 开启建图代码
- ⑤ 输入 `roslaunch mapping rviz.launch` 打开 rviz 进行可视化显示
- ⑥ 当前目录下另开一个终端输入 `roslaunch RING_ros mapping.launch` 开启描述子提取代码

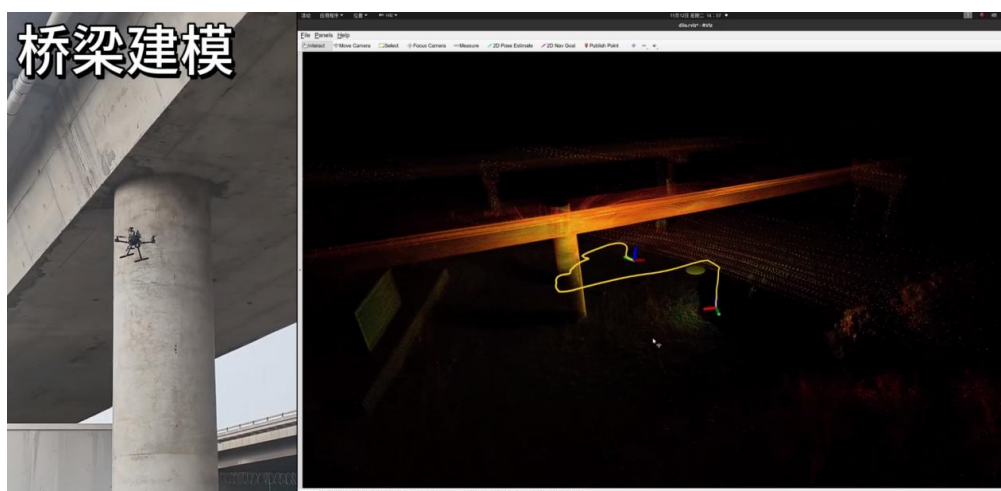
项目视频二维码：



并建立本地地图信息数据库，如图所示为保留下来的描述符关键帧：

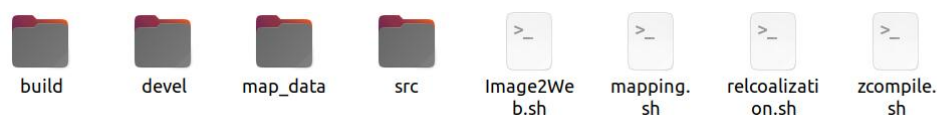


⑦ 遥控器操纵无人机围绕桥梁飞行，完成建图任务，如图所示：



左侧为无人机实际飞行图片，右侧为无人机的轨迹和建立的高精度点云桥梁模型

⑧ 终端输入 `Ctrl+C` 中断建图程序，模型自动保存在 `map_data` 目录的 `map.pcd` 文件如图所示：

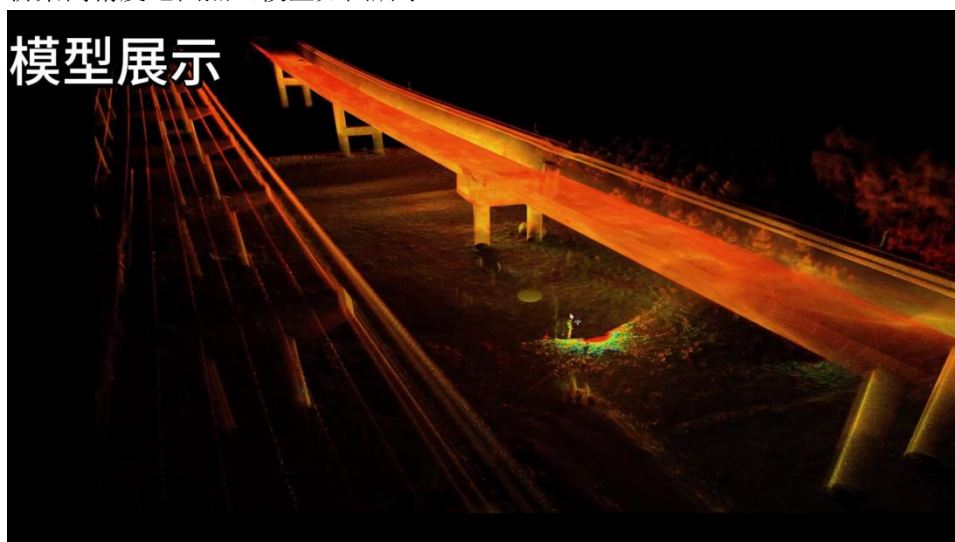


`map_data` 目录下 `pcd` 文件，以及用来重定位的 RTK 信息，下图 `gps.txt` 文件：

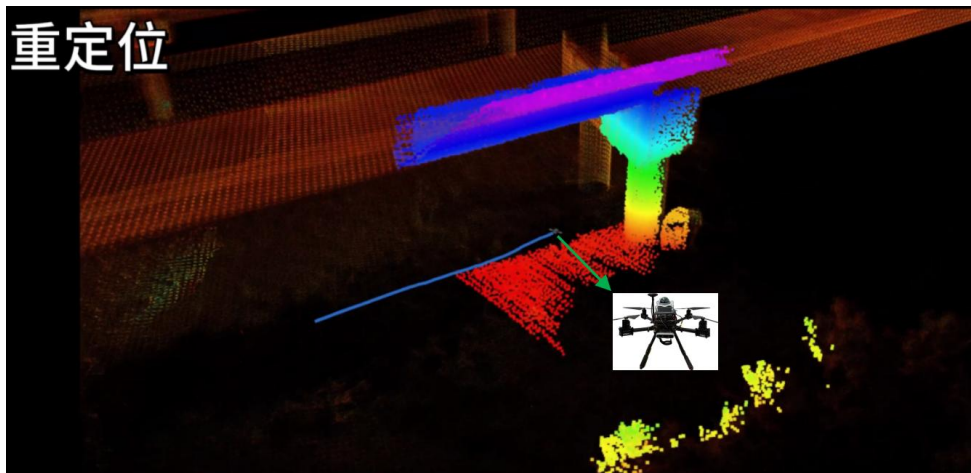


### 三、运行重定位代码

- ① 进入工作空间，并打开终端
  - ② 输入 `source devel/setup.bash`
  - ③ 终端输入 `roslaunch dlio relcoalization.launch` 开启重定位代码
  - ④ 终端输入 `roslaunch mapping map_rviz.launch` 打开 `rviz` 进行可视化并加载地图
- 桥梁高精度地图点云模型如图所示：



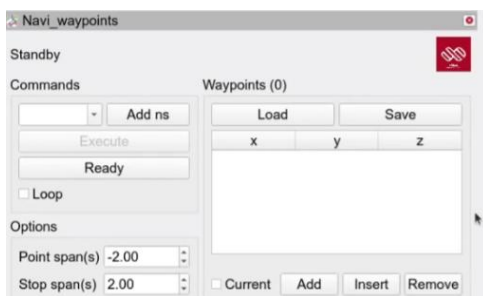
- ⑤ 另开一个终端输入 `roslaunch RING_ros relocalization.launch` 开启描述子匹配代码
- ⑥ 运行起飞脚本 `takeoff.sh`，无人机自动起飞，并进行初始化重定位  
重定位完成显示建图和无人机在地图中的位置，如图所示



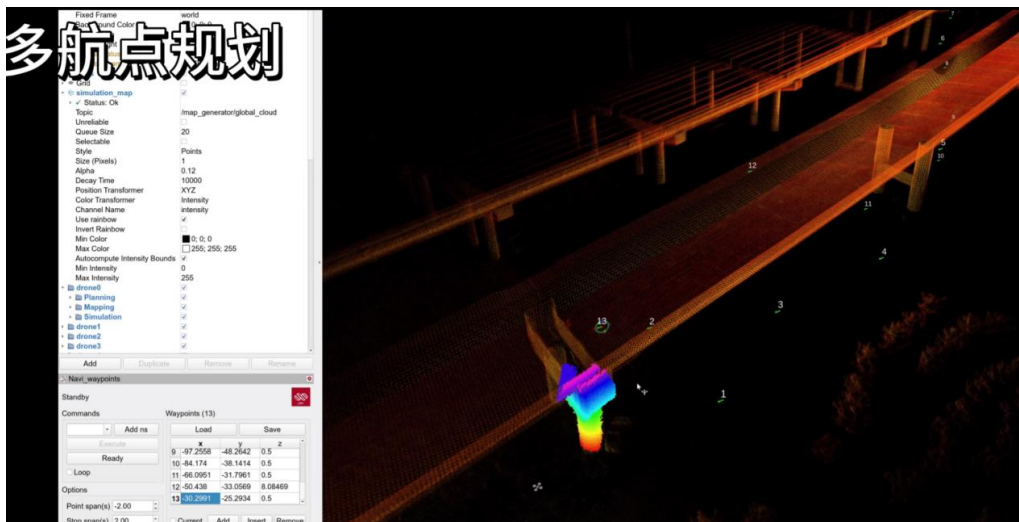
彩色为无人机当前扫描到的地图，浅红色为建图阶段的点云模型可以看到重定位结果正确

#### 四、运行多点导航插件和执行巡检任务

- ① 在工作目录下，打开终端增加环境变量 输入 `source devel/setup.bash`
- ② 终端输入 `roslaunch planner waypoints_rviz.launch`  
多点导航插件面板如图所示：

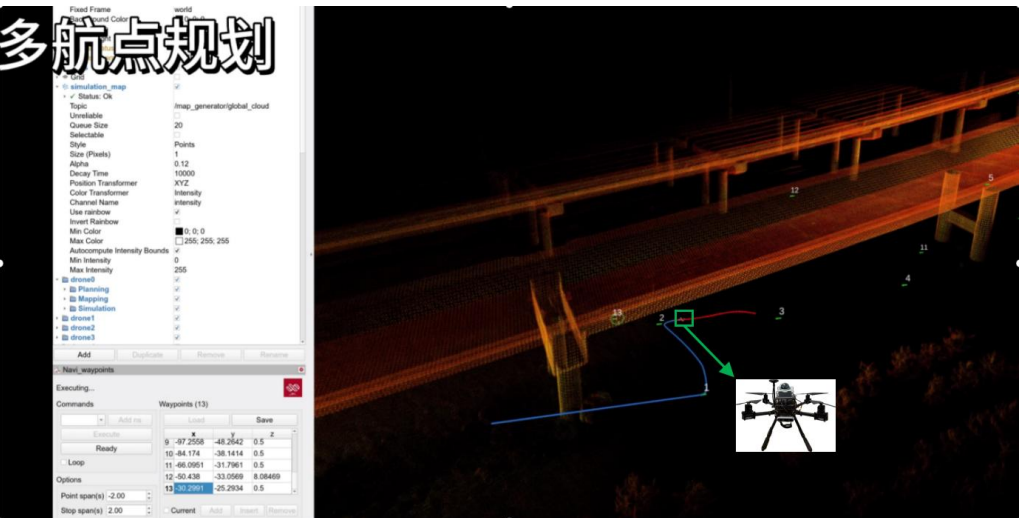


通过在可视化模型上选择一系列导航点，每一个导航点都可以添加到这个列表中，同时又可以通过拖动导航点，或者在列表中进行修改导航点的具体位置，效果如图所示：

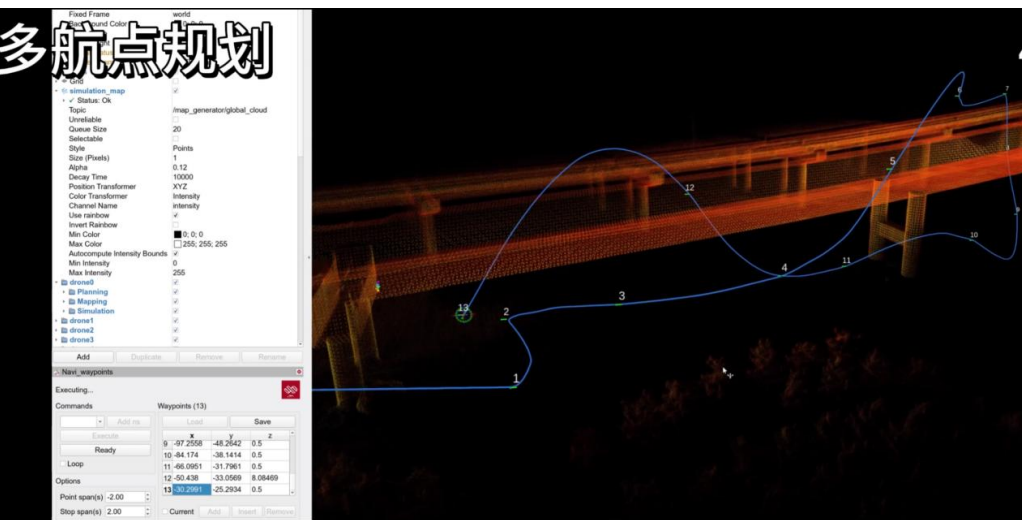


可以看到 waypoints 中的导航点信息，已经有模型中的航点位置与编号，这些位置将发送给导航模块，导航模块将输出控制指令，控制无人机自主飞行。

② 终端输入 `roslaunch planner planner.launch` 开启导航，无人机开始自主飞行，按着预设的航点顺序遍历所有航点位置，如图所示：



红色轨迹为导航模块规划的路径，蓝色轨迹是无人机的真实轨迹，最终的执行结果如图所示：



此项目为面向桥梁巡检任务的无人机建图、导航一体化软件，可以实现高精度的无人机桥梁巡检任务，支持多航点选择，快速重定位，建立高精度的三维点云模型等功能，算力损耗小，内存占用低等特点，本项目已经进行模块化，主要分为以下几个模块：多传感器融合定位与建图模块，点云描述符提取与保存模块，重定位模块，导航模块，多航点选择插件等，容易部署在各种类型的无人机上面，通用性较强。



## 面向化工园区巡检任务的多机协同自主定位

### 项目整体流程

#### 1.多机地图融合

- ①**地图形式**: 采用 2.5D 地图, 进行地图拼接和数据传输, 降低通信带宽。
- ②**位姿融合**: 根据里程计位姿, 构建位姿图, 通过 **gtsam** 得到精确位姿。
- ③**多机通信**: 采用分布式通信机制。

#### 2.多机协同探索

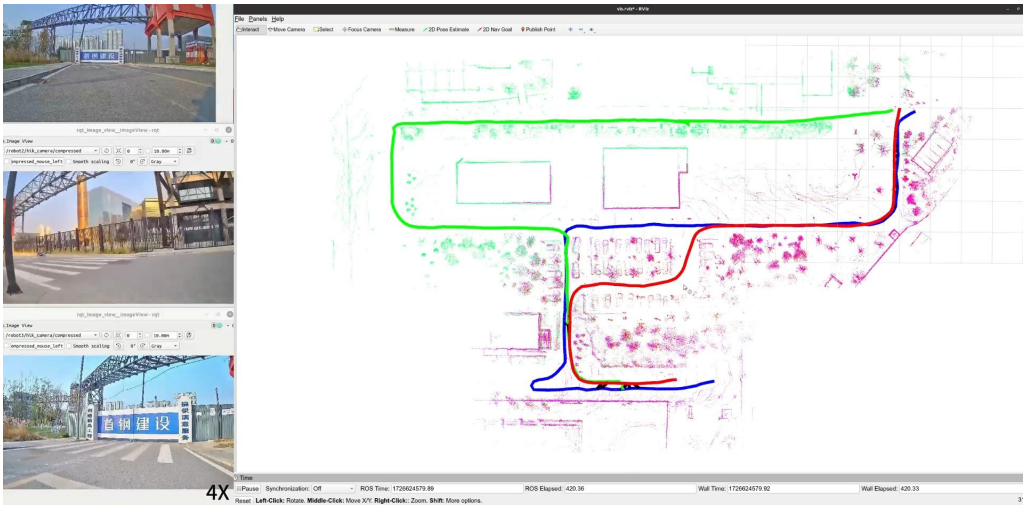
- ①**任务定义**: 开发基于 **frontier** 关联任务域融合算法, 结合环境拓扑, 更新任务域
- ②**任务分配** (全局规划器): 采用 **MC-CBBA** 进行任务分配, 提升了探索效率。

#### 1. 多机地图融合部分融合结果:

项目视频二维码:



此部分进行了大量的真实实验, 目前已经发表了一篇 EI 论文, 并经推荐转投期刊, 目前可在期刊上面检索到。详细设计方法可以查看论文, 实验视频效果可以扫二维码查看, 下图是最终的效果:



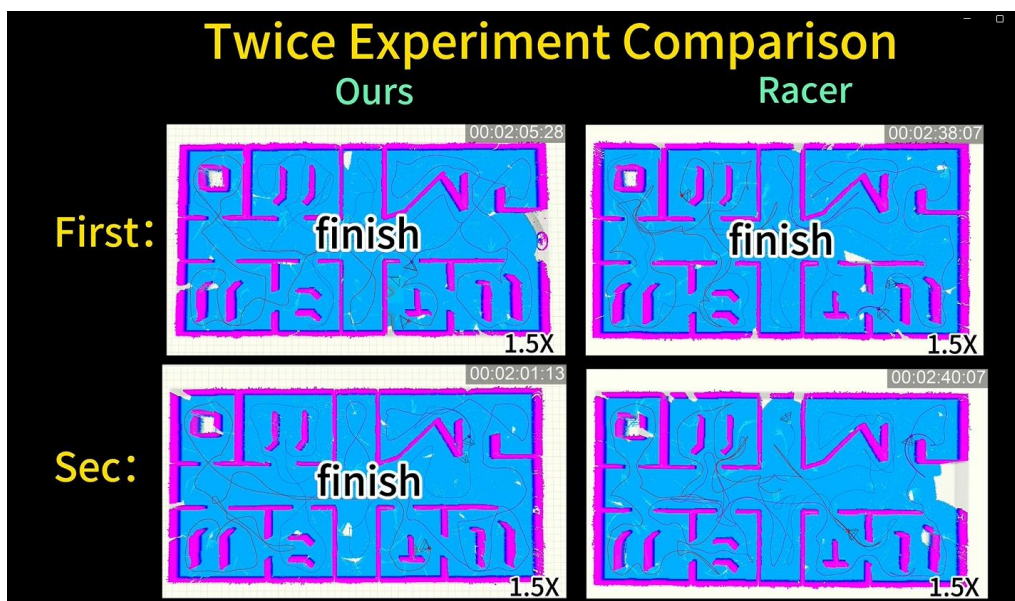
论文题目:

《Distributed Multi-Robot SLAM Algorithm with Light-Weight Communication and Optimization》

ICAUS 2024 (国际自主无人系统大会) - 第一作者

## 2. 目前多机探索实验效果:

目前主要的研究工作由这两个部分构成，整个项目属于一个纵向项目。其中，多机自主系统的探索已取得较好的实验效果，相关成果已整理成论文，目前正在投稿中。



下面要介绍的内容是实习经历



## 启元实验室（公司）

岗位：导航算法设计

### 工作内容和职责

**工作任务：**搭建配有国产嵌入式芯片 RK3588 无人机，开发低成本，高鲁棒性的定位与导航避障算法；

**算法开发：**基于 Ego-planner，增加 FSM 状态机切换机制，实现障碍密集与无障碍区域模式切换；

**算法测试：**在 Gazebo 搭建仿真环境完成算法测试，前端采用 VINS-Fusion 实现定位，并进行实机测试；

**主要成果：**实现了嵌入式芯片 RK3588 实机部署，在国产 ARM 架构上无人机稳定避障导航系统部署与测试。

项目视频二维码：



\*实习部分也是我的专业实践，将采用实践 ppt 内容来展示

### 1.公司背景与实践需求



**实践需求** 随着国产化需求的提高，在国产芯片上开发鲁棒的无人机**定位导航避障**算法至关重要

#### 公司背景介绍

启元实验室成立于2020年10月，位于北京市海淀区紫雀路55号院，是一所**高起点、高定位、高标准**的国家级科研机构。



#### 公司部门介绍

实验室设有**十余个研究部门**，聚力开展**智能领域**的基础理论研究、核心关键技术攻关、应用研究与开发。



#### 公司需求介绍

实验室要求在国产平台RK3588上开发鲁棒的无人机**定位导航避障**算法



### 2.工作内容



**主要流程** 包括以下五个工作任务，**任务一到任务五**依次进行，完成最终实践需求的实验效果

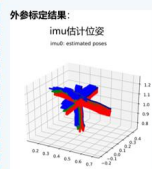
#### 工作任务一

无人机组装与调试，多次飞行测试，验证飞行控制系统稳定性



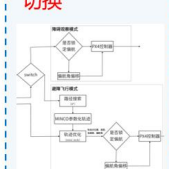
#### 工作任务二

定位算法调试部署，相机**内外参标定**，定位测试



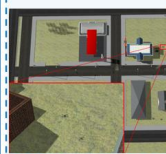
#### 工作任务三

导航避障算法**框架开发**和**设计**，实现在障碍区**模式切换**



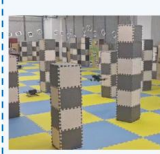
#### 工作任务四

仿真环境搭建，测试**导航算法**，参数优化与效果验证，复杂场景适应能力



#### 工作任务五

无人机在实际环境下**自动起飞**、**导航与避障**综合测试







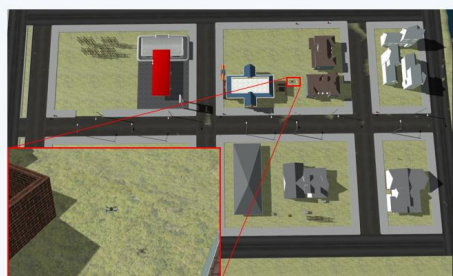


## 2.4 工作任务四

完成**仿真环境搭建**并在仿真与实际环境中**测试导航算法**，完成参数优化与效果验证。选用上层规划算法并编写接口代码，在**仿真环境中测试**其复杂场景适应能力。

### 仿真环境与无人机仿真搭建

#### 无人机与环境模型



无障碍区域

#### 障碍观察模式

- 障碍检测
- 快速飞行
- 模式切换



障碍区域

#### 避障飞行模式

- 导航避障
- 路径规划
- 模式切换



## 2.5 工作任务五

完成无人机在实际环境下**自动起飞**、**导航与避障**综合测试，验证系统整体集成效果，达成预期目标，验证了系统的整体协同能力与实际应用潜力。

### 实机测试实验环境

#### 启元实验室

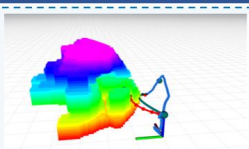
- 障碍物区域
- 无障碍区域
- 模式切换



### 上位机实时障碍物地图

#### 障碍物地图可视化

- 自动起飞
- 路径规划
- 自主导航



### 实机最终效果（两种模式）

#### 障碍区域与无障碍区域

- 模式切换与避障飞行
- 障碍观察



## 3.总结

启元  
QIYUAN LAB

启元实验室



1. 无人机**组装与调试**，确保硬件功能正常，保障后续飞行测试安全稳定。**配置RK3588开发平台**软硬件环境，搭建支持算法部署与测试的技术基础。开展多次**飞行测试**，验证无人机在不同条件下的性能与**飞行控制系统稳定性**。

2. **定位算法的调试**、进行了**IMU内参标定**、**双目相机内外参精确标定**，成功**部署并优化定位算法**，在实际环境中实现了**高精度、实时性**的位置估计，通过**多轮飞行测试**，验证了无人机在多种环境下的**飞行稳定性**与控制响应性能。

3. **导航避障算法框架开发**和**设计**，实现在复杂环境中的**灵活避障**，**障碍区域与无障碍区域**之间的**模式切换**，并进行测试验证。

4. **仿真环境搭建**并在仿真与实际环境中**测试导航算法**，完成参数优化与效果验证。选用上层规划算法并编写接口代码，在**仿真环境中测试**其复杂场景适应能力。

5. 无人机在实际环境下**自动起飞**、**导航与避障**综合测试，验证系统整体集成效果，达成预期目标，验证了系统的整体协同能力与实际应用潜力。

以上就是本人全部的项目和实习的成果介绍。