

- 1.实验名称及目的
 - 1.1实验名称
 - 1.2实验目的
 - 1.3关键知识点
 - 关键知识点1: 航路点跟踪控制
 - 关键知识点2: Offboard控制模式
 - 关键知识点3: 航迹规划与路径跟随
- 2.实验效果
- 3.文件目录
- 4.运行环境
 - 4.1 软件要求
 - 4.2 硬件要求
- 5.实验步骤
 - 5.1 步骤1: 生成dll文件
 - 5.2 步骤2: Pixhawk 6x mini飞控仿真
 - 5.3 步骤3: Cubepilot飞控HITL仿真
- 6.参考资料
- 7.常见问题
 - Q1: 无法连接到飞控
 - Q2: 无人机无法进入Offboard模式
 - Q3: 航路点跟踪精度不高
 - Q4: 程序运行出错

1.实验名称及目的

1.1实验名称

固定翼无人机航路点跟踪控制实验

1.2实验目的

本实验旨在实现固定翼无人机的航路点跟踪控制，通过设计控制算法使无人机能够按照预定轨迹飞行。通过本实验，用户将掌握：

- 固定翼无人机航路点跟踪控制算法设计
- Offboard模式控制方法
- Python在无人机高级控制中的应用
- 多机协同飞行基础

1.3 关键知识点

关键知识点1：航路点跟踪控制

航路点跟踪控制是无人机按照预定路径飞行的控制方法。通过设定一系列航路点，控制器引导无人机依次到达各个目标点。

关键知识点2：Offboard控制模式

Offboard模式是PX4飞控的一种控制模式，允许外部计算机直接发送控制指令控制无人机。这种模式适用于复杂的自主飞行任务。

关键知识点3：航迹规划与路径跟随

航迹规划是确定无人机飞行路径的过程，路径跟随则是通过控制算法使无人机准确跟踪规划路径。
更多详细实验原理可见:全权,高文瀚,刘润潇,陈鑫泉,戴训华,吕书礼,徐琳,李悦.微小型固定翼无人机飞行控制设计与实践。北京, 2025

2. 实验效果

本实验实现了固定翼无人机的航路点跟踪飞行，展示了复杂路径跟随控制算法的应用效果。

```
-----  
Please input the Pixhawk COM port list for HITL  
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk  
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer  
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks  
-----  
All COM ports on this computer are:  
  
COM3: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)  
  
-----  
Recommended COM list input is: 3  
  
-----  
My COM list for HITL simulation is: 3_
```

3.文件目录

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\10-FixedWingCtrl\code_4\2-4](#)

4.运行环境

4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB2022B以上版本；

4.2 硬件要求

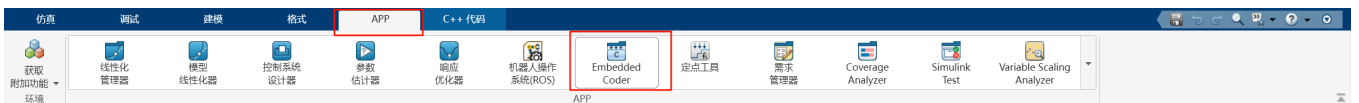
笔记本/台式电脑1台

①：推荐配置请见：<https://rflsim.com/>

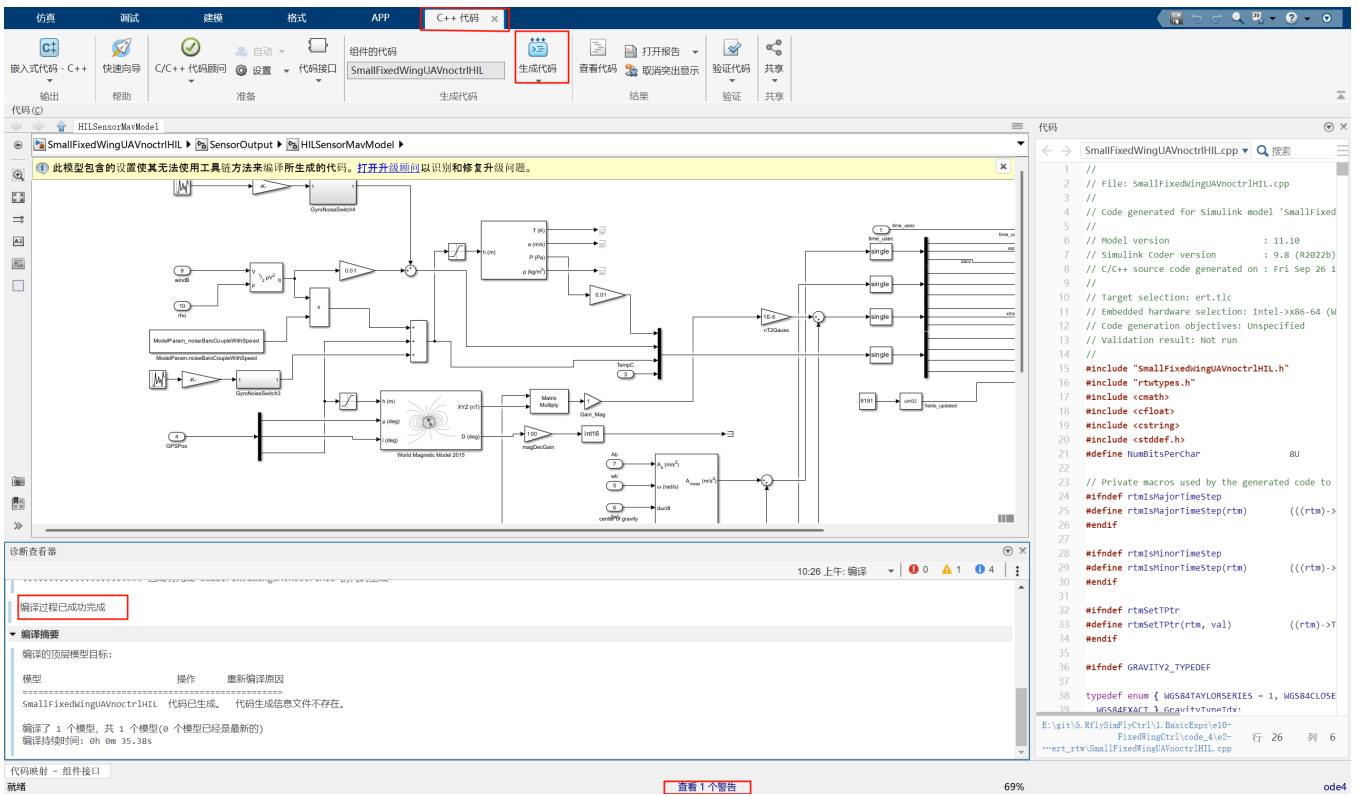
5.实验步骤

5.1 步骤1：生成dll文件

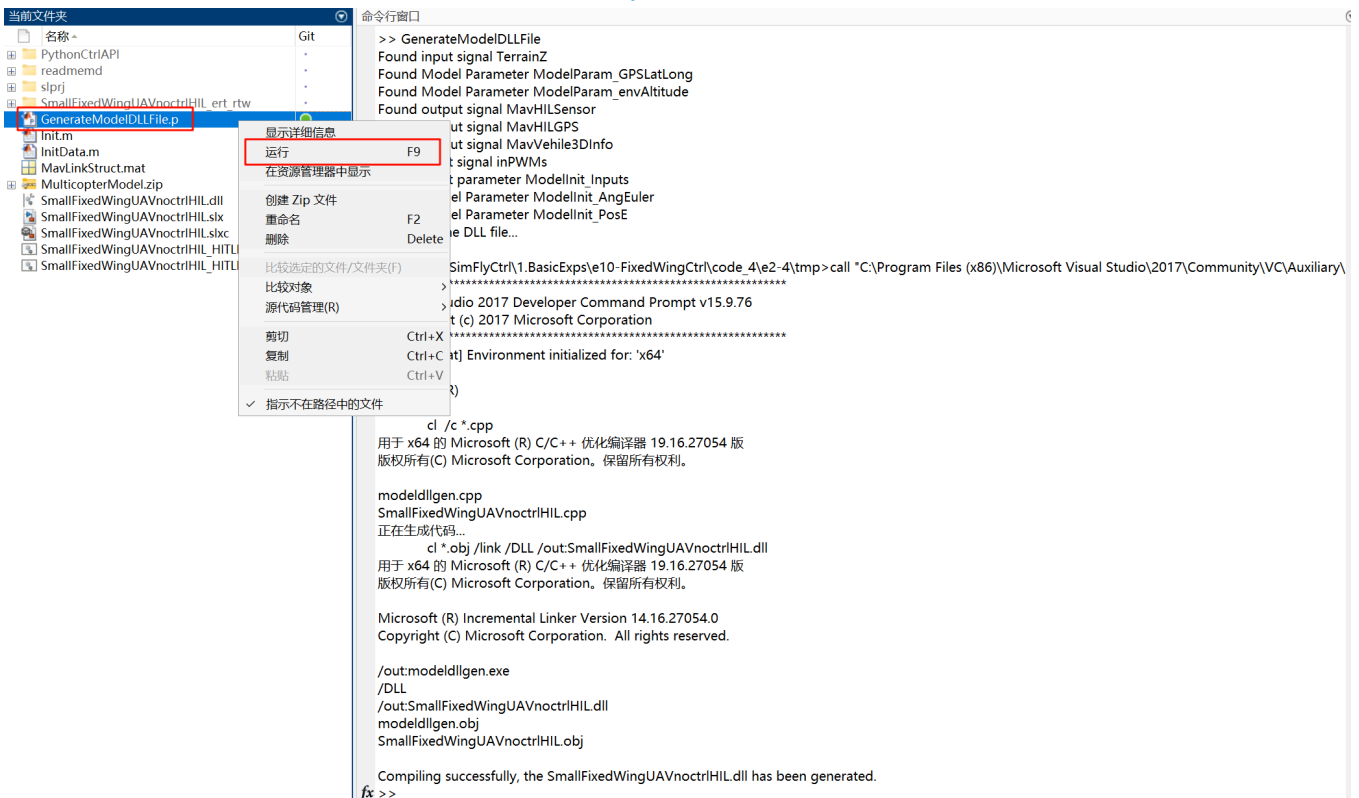
1. 使用MATLAB运行当前文件内Init.m
2. 使用MATLAB打开SmallFixedWingUAVnoctrlHIL.slx。
3. 在simulink工具栏中点击APP-Embedded Coder



4. 点击Embedded Coder后工具栏会弹出C ++代码点击生成代码。等待生成代码完成，可以看到诊断框中显示编译完成。



5. 在使用MATLAB运行GenerateModelDLLFile.p脚本，生成模型DLL文件。



6. 把生成的SmallFixedWingUAVnoctrlHIL.dll替换到[安装目录]\PX4PSP\CopterSim\external\model文件夹中。

... PX4PSP > CopterSim > external > model 在 model 中搜索

🔍 📄 🗑️ ↕️ 排序 ▾ ≡ 查看 ▾ ...

名称	修改日期	类型	大小
📄 AircraftMathworks.dll	9/26/2023 1:25 AM	应用程序扩展	255 KB
📄 CarNoCtrl.dll	3/4/2023 9:23 PM	应用程序扩展	220 KB
📄 CopterSILVelCtrl.dll	9/14/2023 6:10 PM	应用程序扩展	156 KB
📄 DIISilNoPX4TempDemo.dll	9/26/2023 12:45 AM	应用程序扩展	149 KB
📄 Exp1_MinModelTemp.dll	9/26/2023 12:18 AM	应用程序扩展	226 KB
📄 Exp2_MaxModelTemp.dll	9/19/2023 6:03 PM	应用程序扩展	240 KB
📄 FixWingModel.dll	10/30/2023 11:17 PM	应用程序扩展	255 KB
📄 MulticopterNoCtrl.dll	6/18/2020 5:46 PM	应用程序扩展	277 KB
📄 MulticopterNOpx4.dll	9/13/2024 2:01 PM	应用程序扩展	170 KB
📄 MultSILSwarm.dll	7/30/2019 4:37 PM	应用程序扩展	284 KB
📄 SmallFixedWingUAV.dll	9/24/2025 2:27 PM	应用程序扩展	255 KB
📄 SmallFixedWingUAVnoctrlHIL.dll	9/26/2025 10:28 AM	应用程序扩展	240 KB
📄 Trailer.dll	9/20/2023 11:47 AM	应用程序扩展	355 KB

5.2 步骤2: Pixhawk 6x mini飞控仿真

1. 打开[SmallFixedWingUAVnoctrlHIL_HITLRun.bat](#)并在cmd命令行根据提示输入飞控端口号，启动HITL仿真环境。

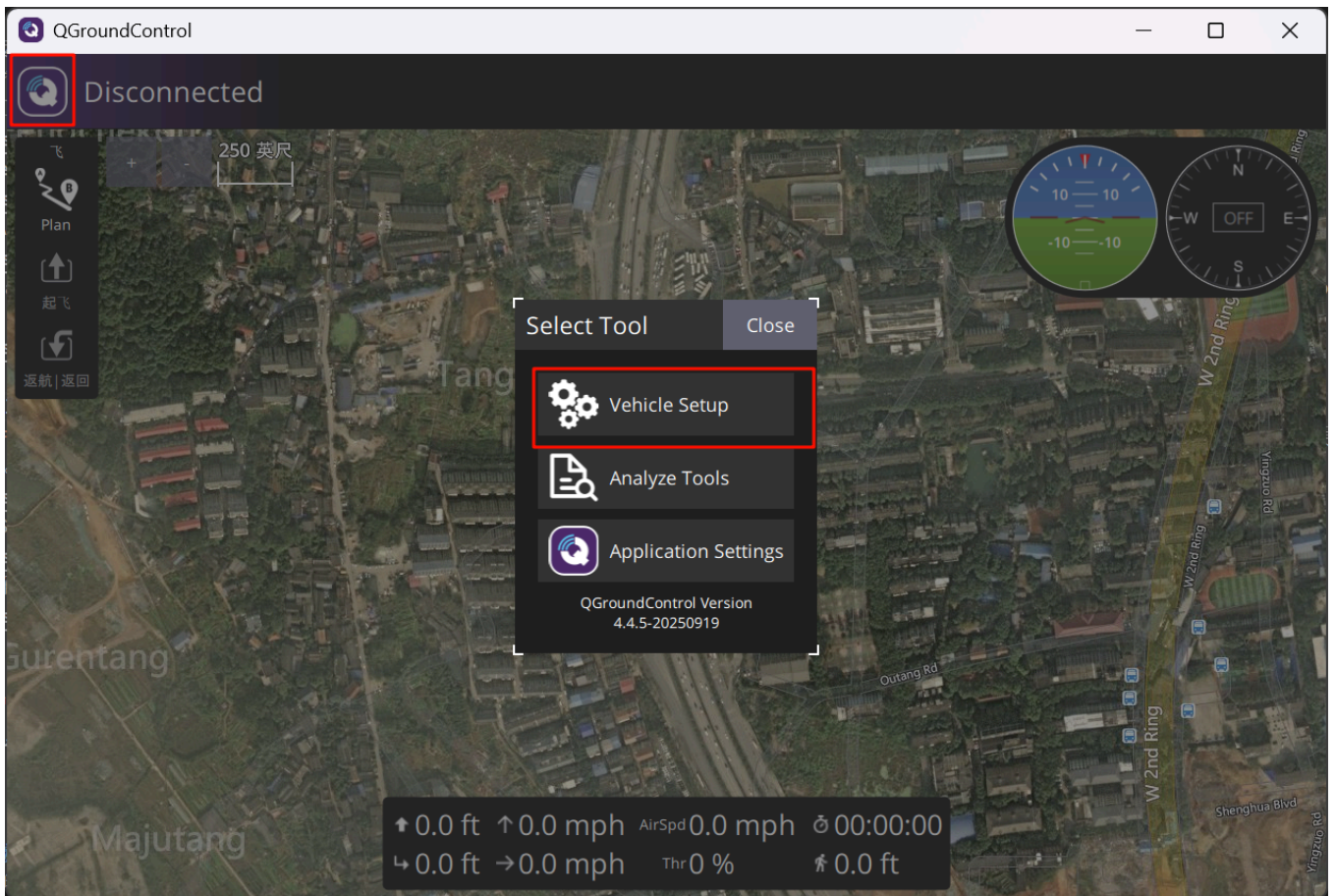
```

-----
Please input the Pixhawk COM port list for HIL
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks
-----
All COM ports on this computer are:

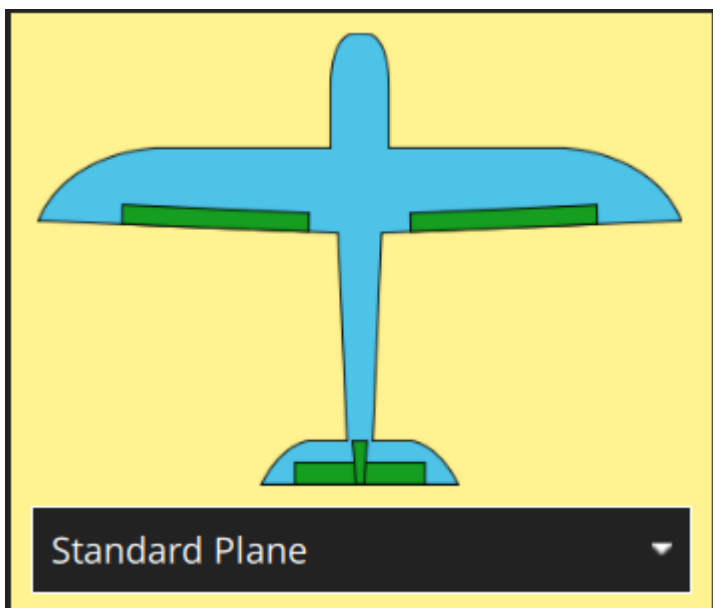
COM3: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)
-----
Recommended COM list input is: 3
-----
My COM list for HITL simulation is: 3_

```

2. 打开桌面/RflyTools文件夹下打开QGC点击左上角图标，进入Vehicle Setup。



3. 机架设置为Standard Plane，关闭QGC。



4. 打开[SmallFixedWingUAVnoctriHIL_HITLRun.bat](#)并在cmd命令行根据提示输入飞控端口号，启动HITL仿真环境。

```
-----  
Please input the Pixhawk COM port list for HITL  
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk  
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer  
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks  
-----
```

All COM ports on this computer are:

```
COM3: USB 串行设备 * (Pixhawk with SysID=1)  
-----
```

```
Recommended COM list input is: 3
```

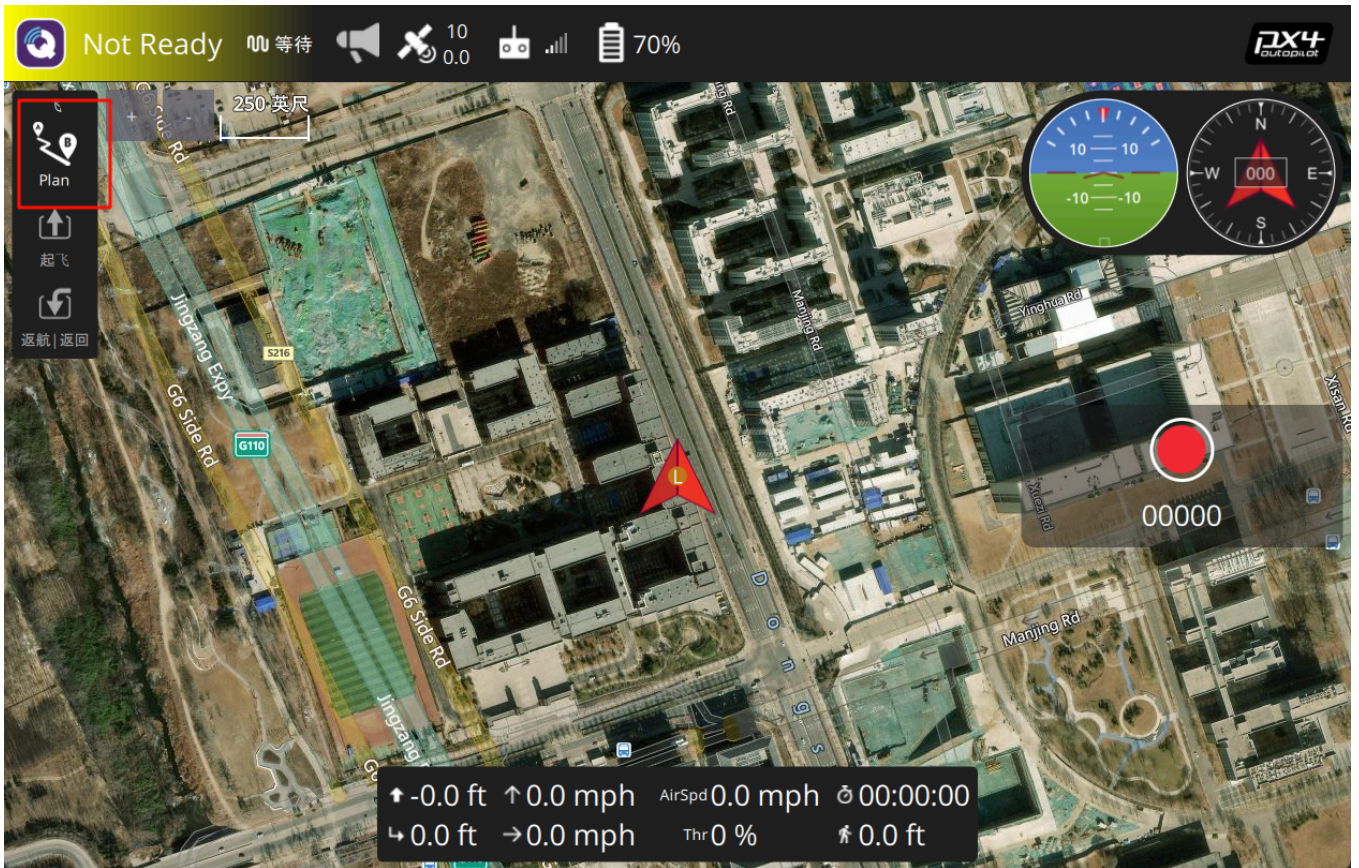
```
My COM list for HITL simulation is: 3_
```

5. 等待CopterSim信息栏出现PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.

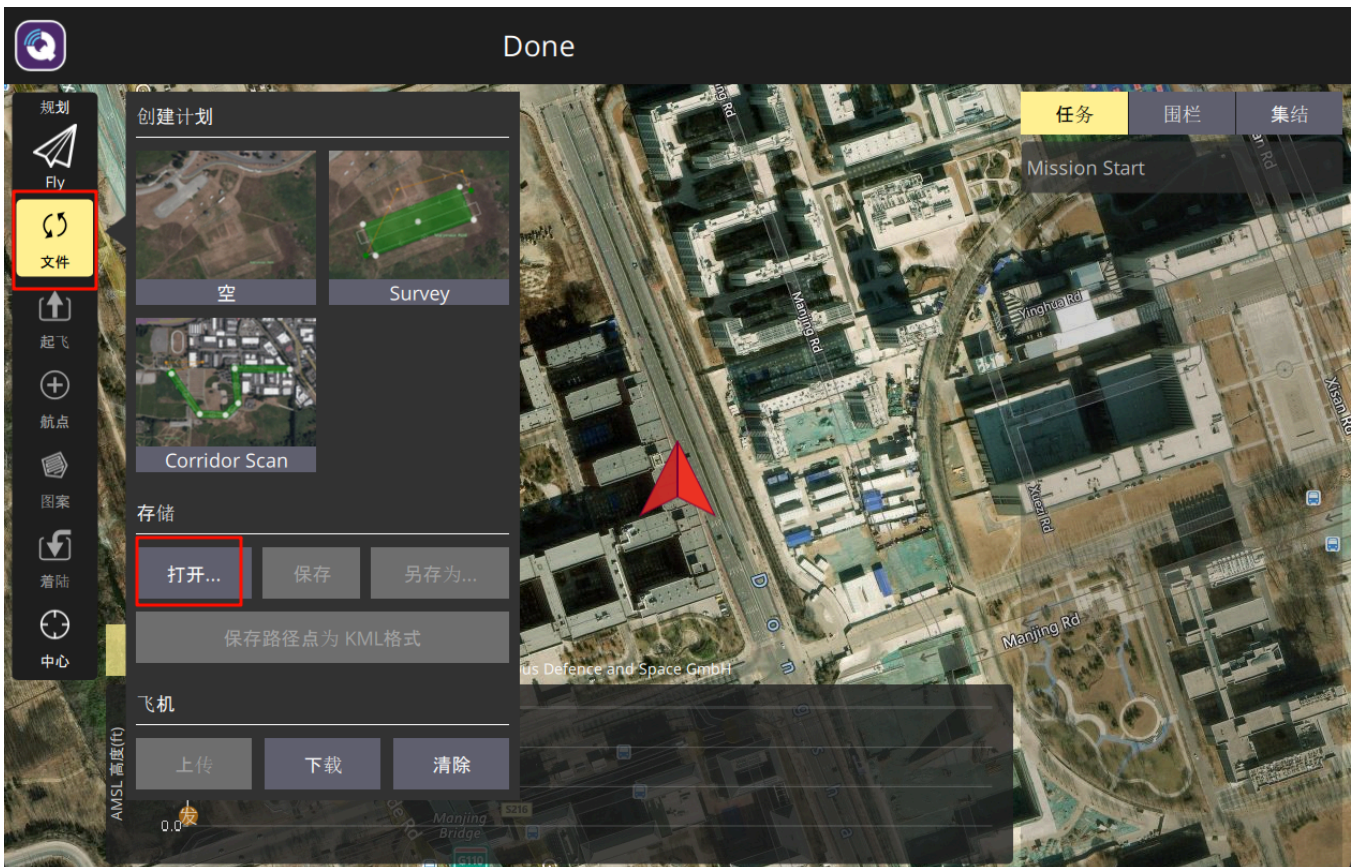
CopterID: 1 SDClassID: 234 Use DLL Model: SmallFixedWingUAVnoctr Simulation Mode: PX4_HITL
FCU COM: COM9 Baudrate: 921600 Comm Mode: Mavlink

```
PX4: Airspeed sensor healthy, start using again (-1, 1)  
PX4:  
PX4: BARO #0 failed: STALE!  
PX4: EKF2 Estimator start initializing...  
PX4: Set RWTO_TKOFF to 1  
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.  
PX4: BARO #0 failed: STALE!  
PX4: BARO #0 failed: STALE!
```

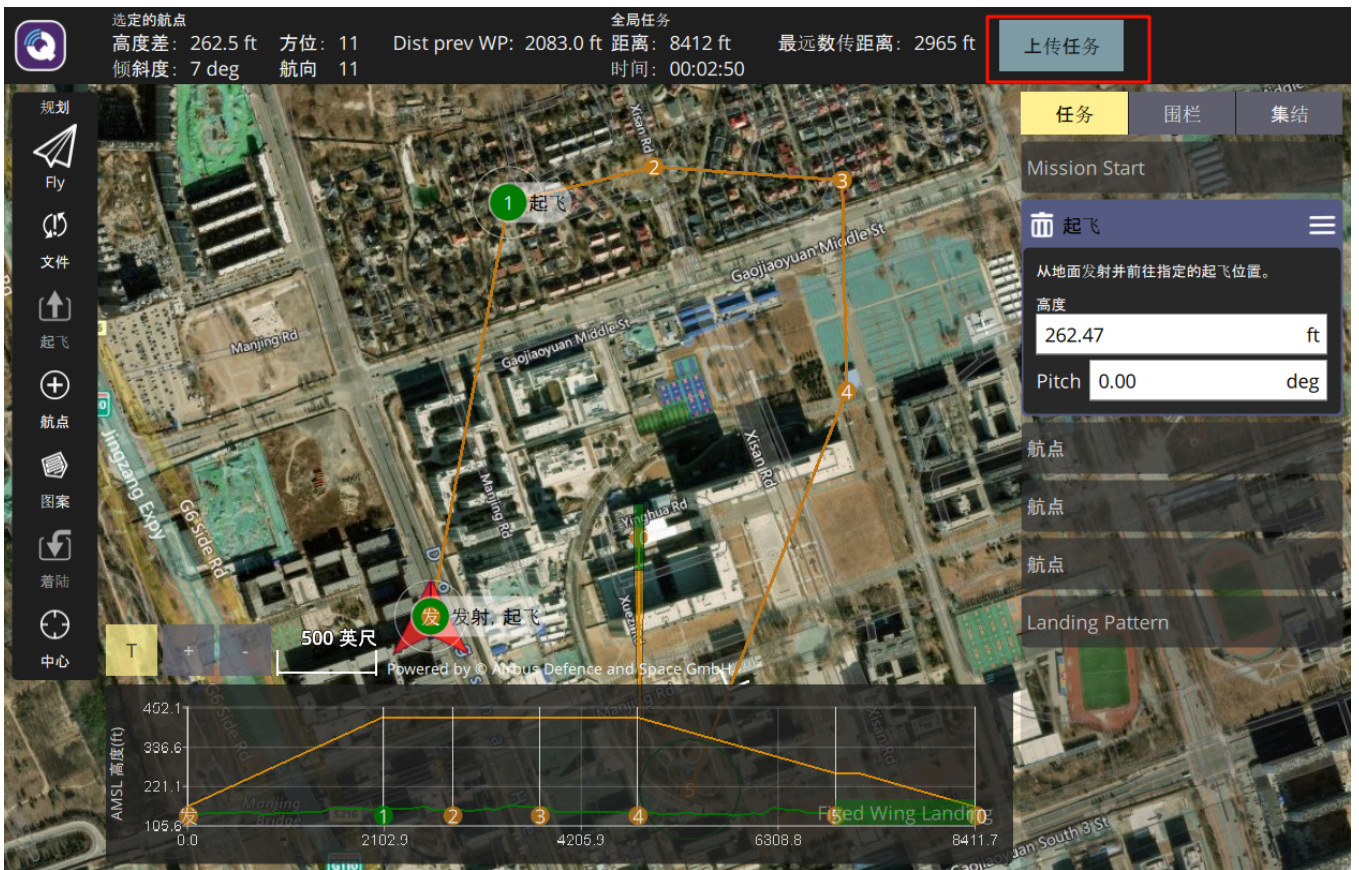
6. 进入到Plan。



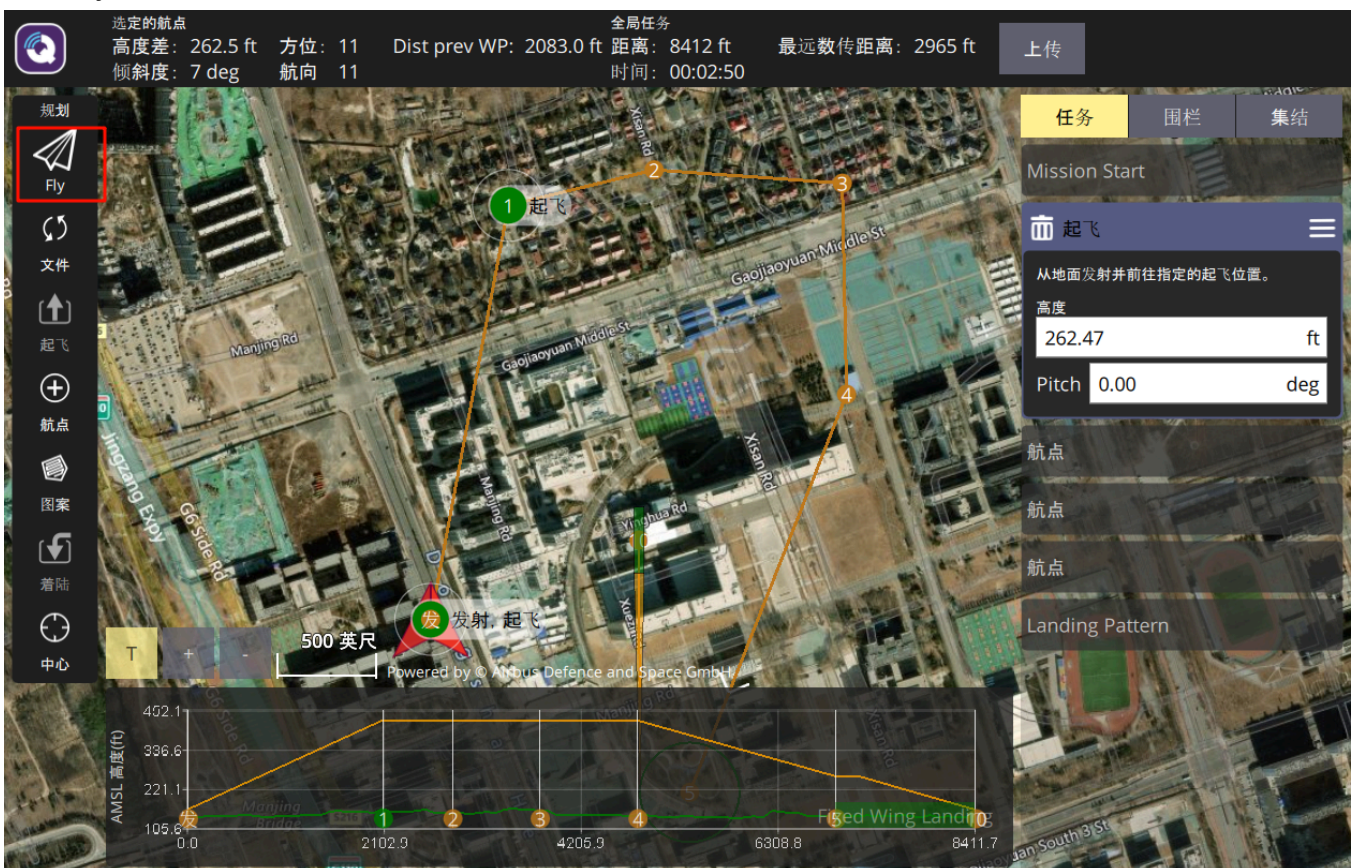
7. 点击文件-打开。



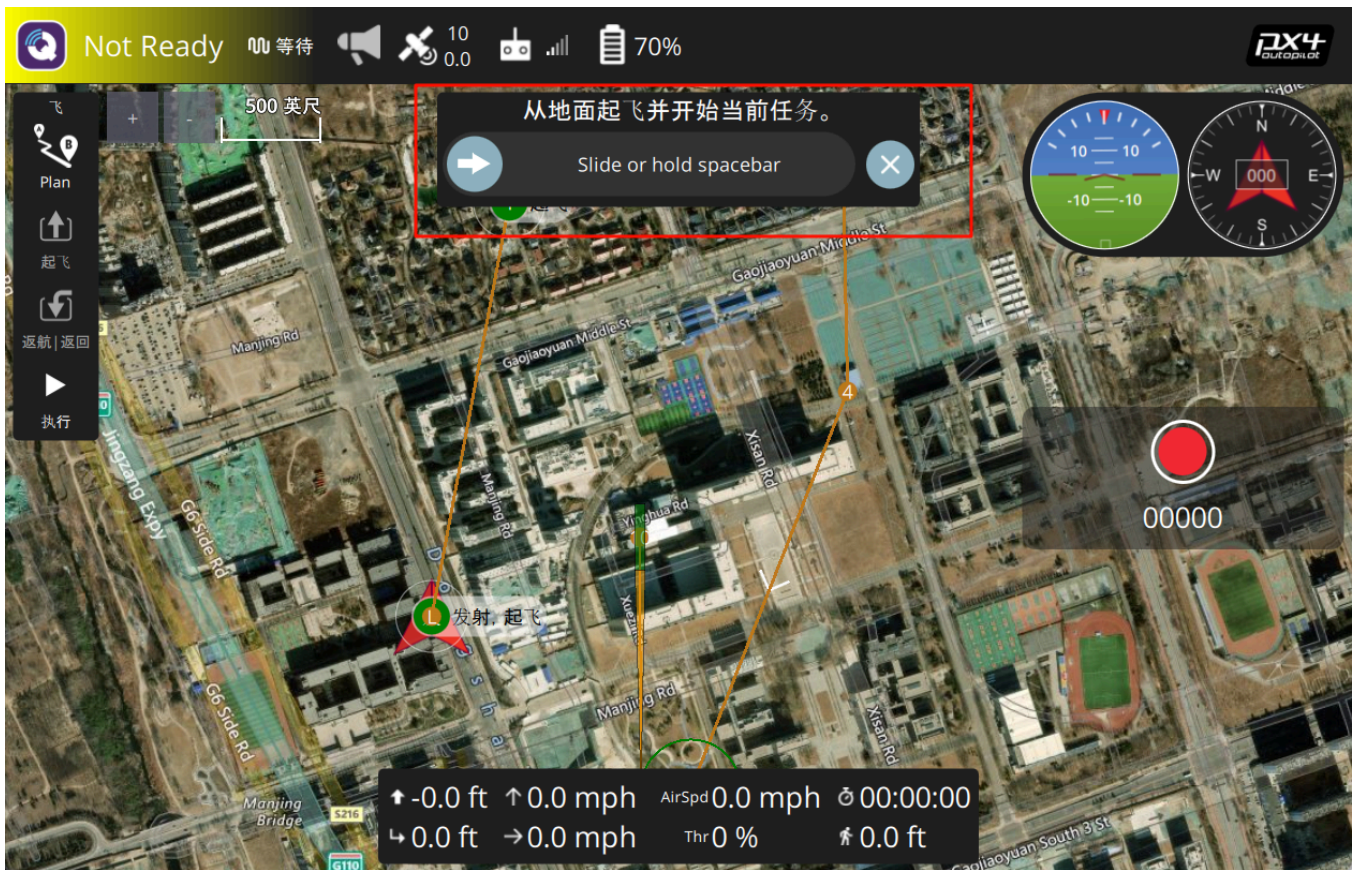
8. 选择FixWingPW.plan文件，进行上传。



9. 回到Fly页面。

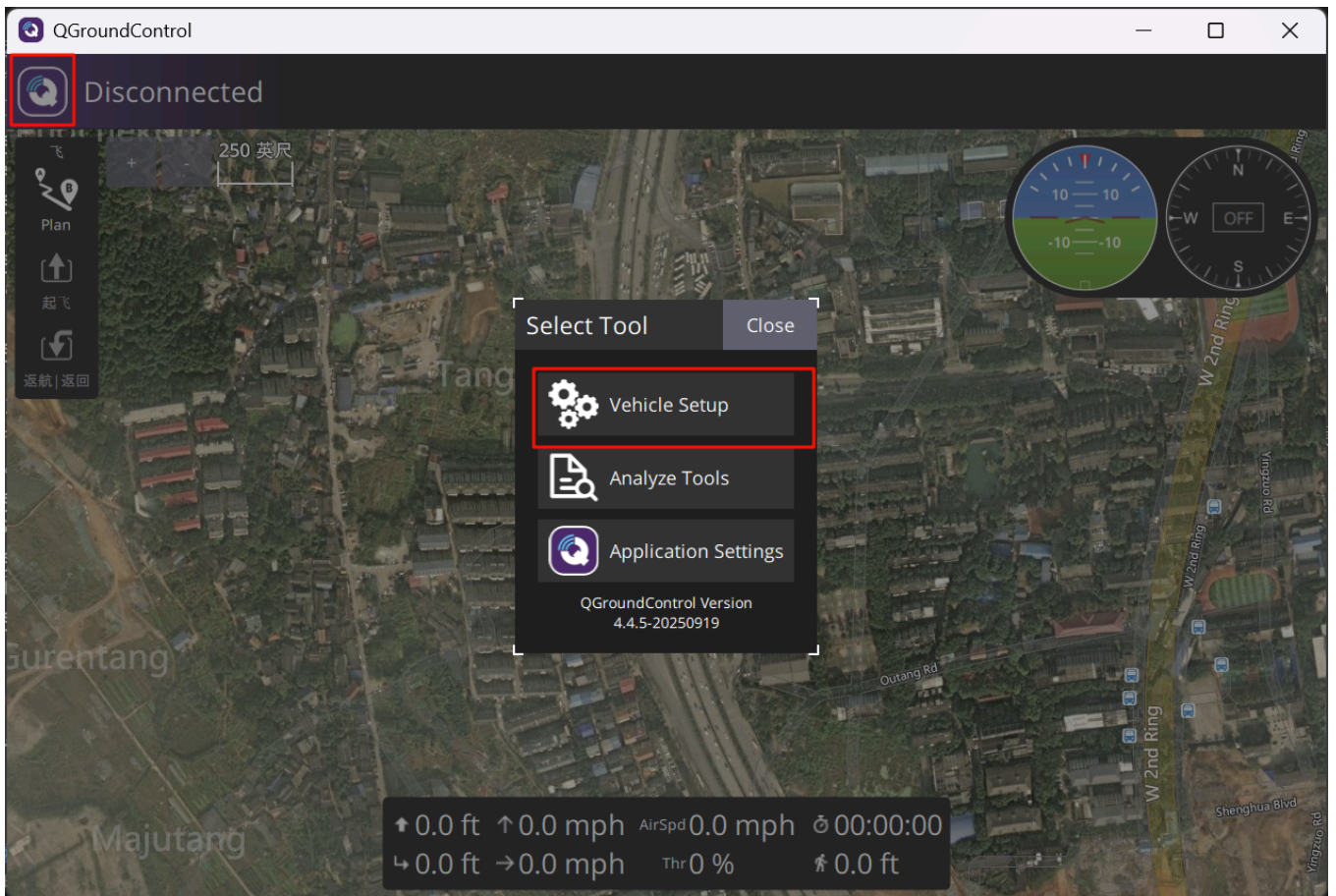


10. 滑动起飞，固定翼开始跟随航线起飞。

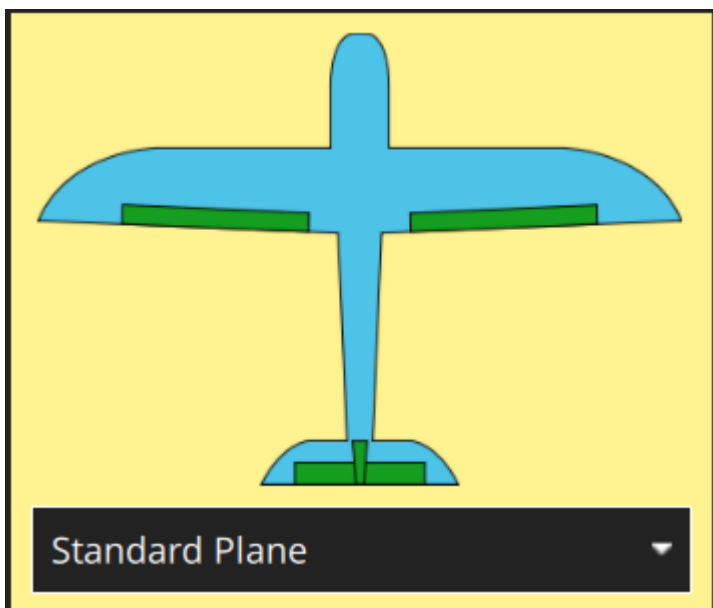


5.3 步骤3: Cubepilot飞控HITL仿真

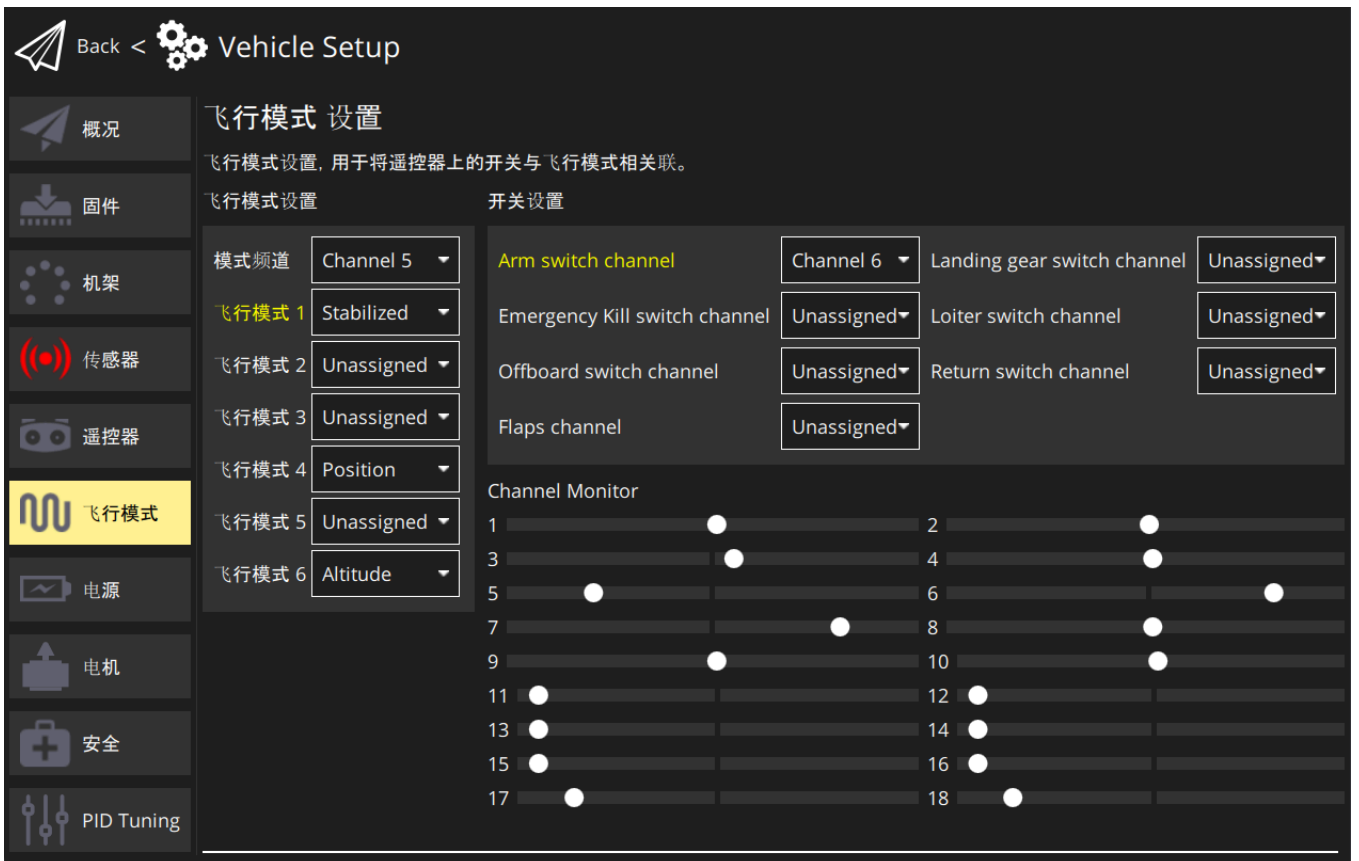
1. 打开桌面/RflyTools文件夹下打开QGC点击左上角图标，进入Vehicle Setup。



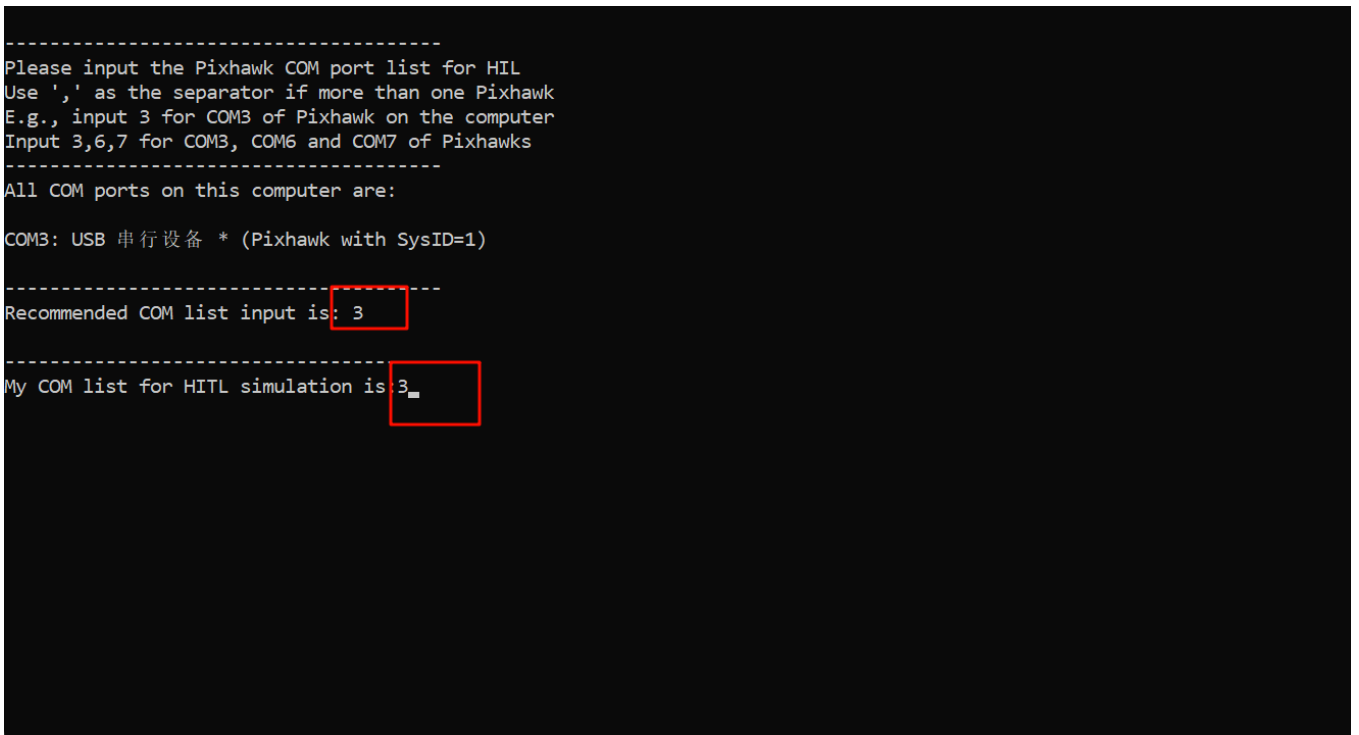
2. 机架设置为Standard Plane，



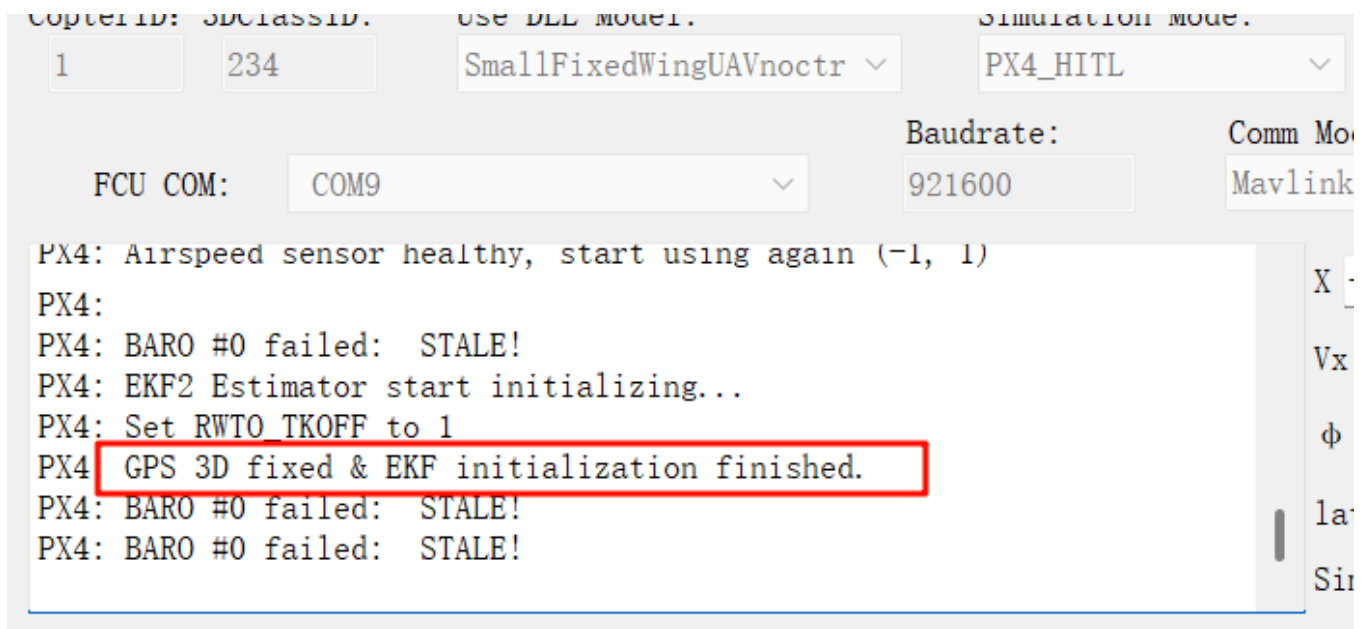
3. 进入到飞行模式，遥控器CH5通道设置为3段式开关，CH6开关设置为2段式开关。关闭QGC。



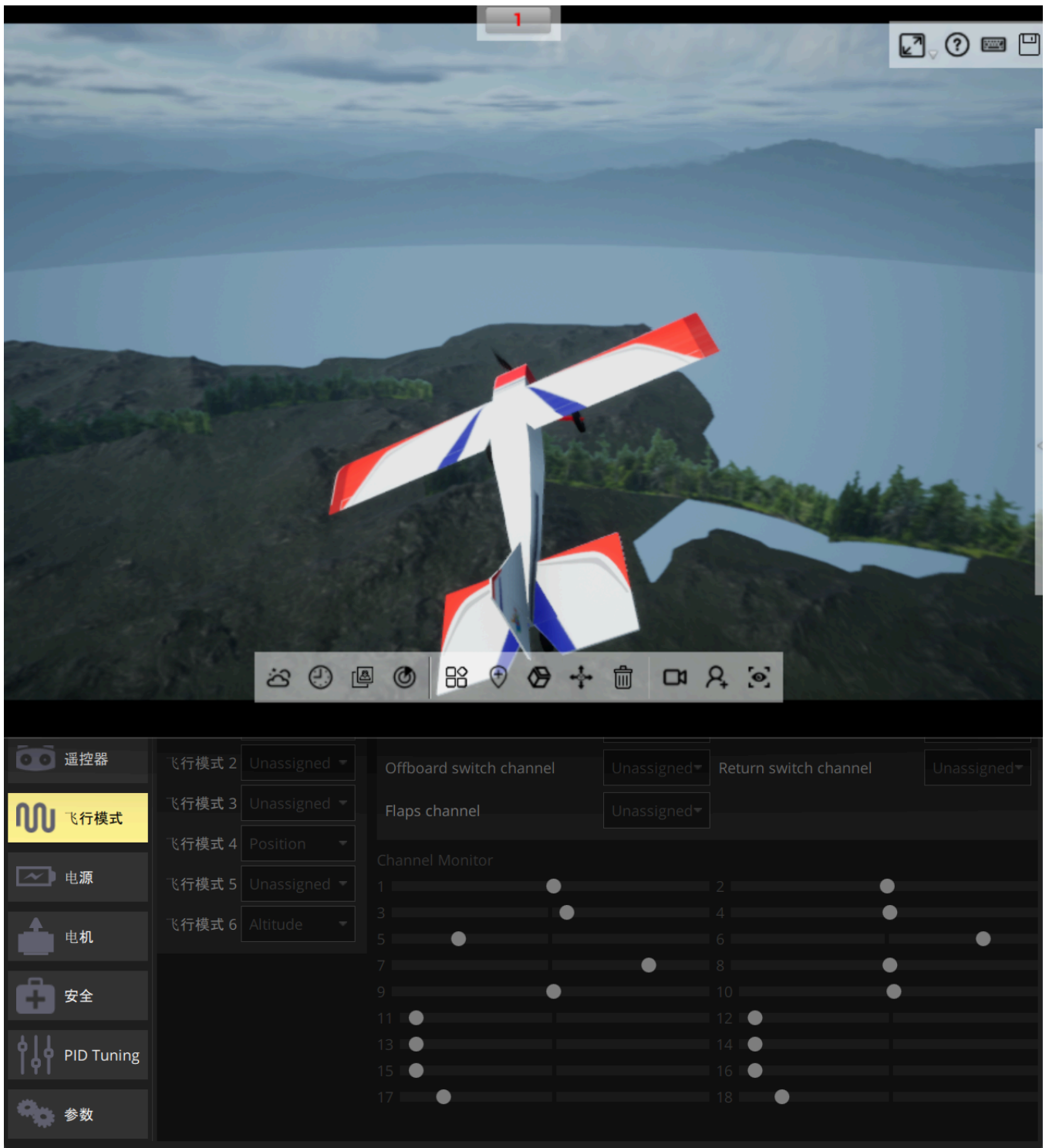
4. 打开 [SmallFixedWingUAVnoctriHIL_HITLRun.bat](#) 并在cmd命令行根据提示输入飞控端口号，启动HITL仿真环境。



5. 等待CopterSim信息栏出现PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.



6. 使用遥控器解锁ch5解锁，推动油门可以在RflySim3D中看到固定翼无人机起飞。



6.参考资料

1. RflySim用户手册和相关技术文档
2. 全权,高文瀚,刘润潇,陈鑫泉,戴训华,吕书礼,徐琳,李悦.微型固定翼无人机飞行控制设计与实践.北京, 2025.

7.常见问题

Q1：无法连接到飞控

A1：请检查仿真环境是否正确启动，确认网络连接是否正常。检查防火墙设置，确保相关端口未被阻止。

Q2：无人机无法进入Offboard模式

A2：检查控制程序是否正确发送了Offboard模式切换指令。确认飞控状态是否满足模式切换条件。

Q3：航路点跟踪精度不高

A3：调整控制参数，检查控制算法是否正确实现。确认无人机模型参数是否准确。

Q4：程序运行出错

A4：检查Python环境及依赖库是否正确安装。确认RflySim API版本是否匹配。