

- 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: 固定翼飞行器高度控制原理
 - 关键知识点2: PX4飞控Offboard模式控制技术
 - 关键知识点3: 基于MATLAB系统辨识工具箱的模型辨识方法
 - 关键知识点4: 飞行数据分析与预处理技术
- 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:启动RflySim3D仿真
 - 5.2 步骤2: 从自驾仪中导出飞行日志, 进行数据预处理
 - 5.3 步骤3:使用MATLAB系统辨识工具箱完成执导模型辨识
- 6.参考资料
- 7.常见问题
 - Q1: 飞行器无法正常起飞或飞行轨迹异常
 - Q2: 系统辨识结果不准确或模型拟合度差
 - Q3: MATLAB无法读取飞行数据或处理出错

1.实验名称及目的

1.1 实验名称

制导模型辨识硬件在环仿真实验

1.2 实验目的

在硬件在环仿真环境下, 完成固定翼无人机的制导模型与系统辨识, 该实验与基础实验类似, 区别在于需要使用 CubePilot/Pixhawk 自驾仪进行实验得到所需的数据。

1.3 关键知识点

关键知识点1：固定翼飞行器高度控制原理

固定翼飞行器的高度控制主要通过调节飞机的俯仰角度和空速来实现。在本实验中，通过设定不同的航路点高度，使飞行器按预定轨迹飞行，从而产生可用于系统辨识的高度变化数据。飞行器在不同高度间切换时的姿态调整和速度变化提供了丰富的动态特性数据。

关键知识点2：PX4飞控Offboard模式控制技术

Offboard模式是PX4飞控的一种外部控制模式，允许外部计算机（如机载电脑）完全控制飞行器。在本实验中，通过Python脚本发送位置指令给飞控，实现了精确的位置控制。关键技术包括：

1. 使用MAVLink协议与飞控通信
2. 在适当时机切换至Offboard模式
3. 发送NED坐标系下的位置指令
4. 控制巡航速度和转弯半径参数

关键知识点3：基于MATLAB系统辨识工具箱的模型辨识方法

系统辨识是从输入输出数据中建立数学模型的技术。本实验利用飞行过程中记录的数据，使用MATLAB系统辨识工具箱进行模型辨识：

1. 数据预处理：清洗和格式化飞行日志数据
2. 模型结构选择：根据先验知识选择合适的模型结构
3. 参数估计：使用最小二乘等方法估计模型参数
4. 模型验证：通过比较模型输出与实际输出验证模型准确性

关键知识点4：飞行数据分析与预处理技术

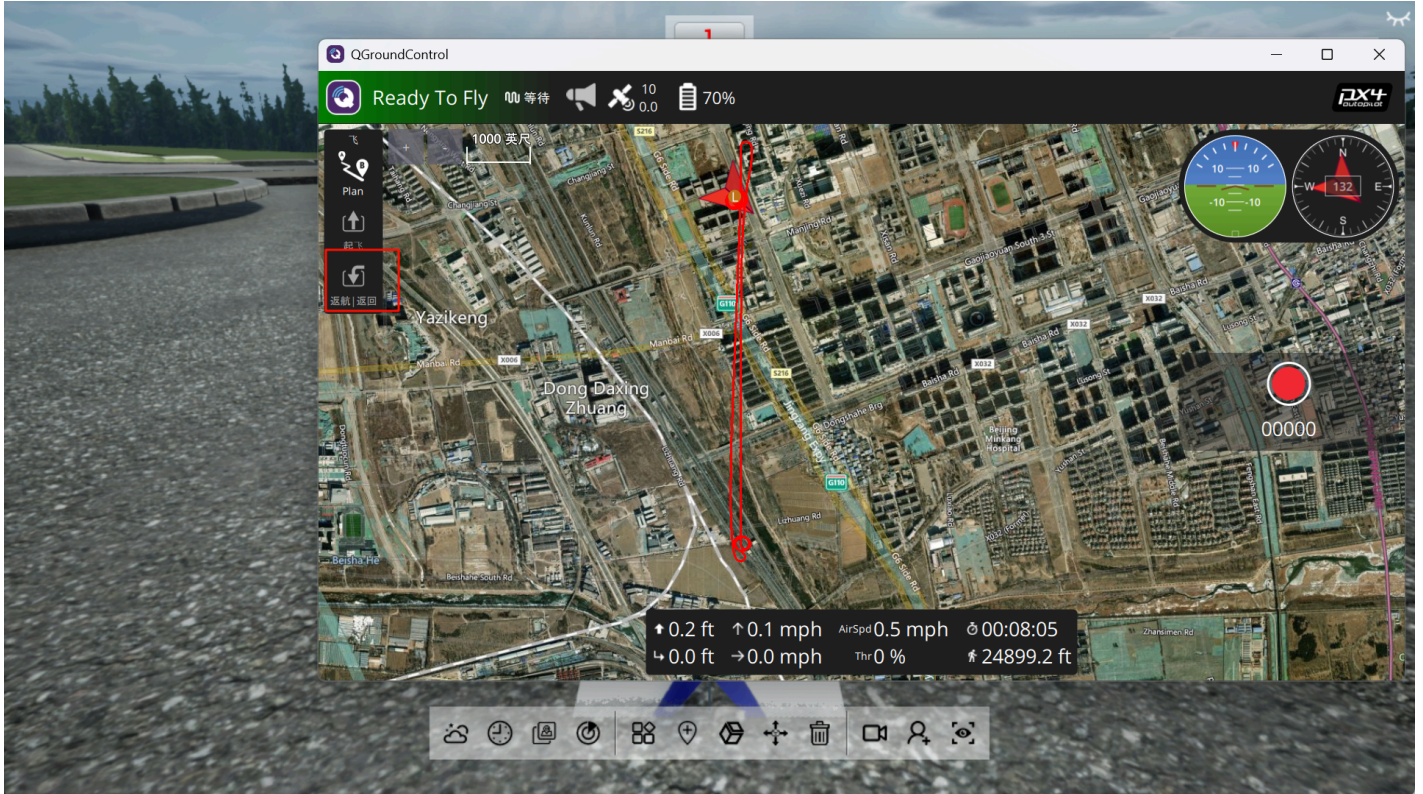
有效的系统辨识依赖于高质量的输入输出数据。本实验涉及的关键数据处理技术包括：

1. ULog日志解析：将二进制日志文件转换为CSV格式
2. 数据同步：确保输入和输出数据在时间上对齐
3. 噪声处理：滤除传感器噪声对辨识结果的影响
4. 数据分割：将完整的飞行数据分割为适合辨识的片段

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

通过本实验可以实现固定翼飞行器按照预定轨迹飞行，并获取其高度响应数据，最终得到准确的飞行器高度通道数学模型。该模型可用于控制器设计、仿真验证等后续工作。实验过程中能够观察到飞行器在不同高度设定点之间的平滑过渡，验证了控制算法的有效性。通过系统辨识得到的模型能够较好地拟合实际飞行数据，为后续控制系统的优化设计提供了理论基础。



3.文件目录

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\10-FixedWingCtrl\code_5\3-4\GuidanceModel_Identification\HeightChannel](#)

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。

①：平台安装时的编译命令为：`px4_fmu-v6x_default`，推荐PX4固件版本为：1.13.2。

4.2 硬件要求

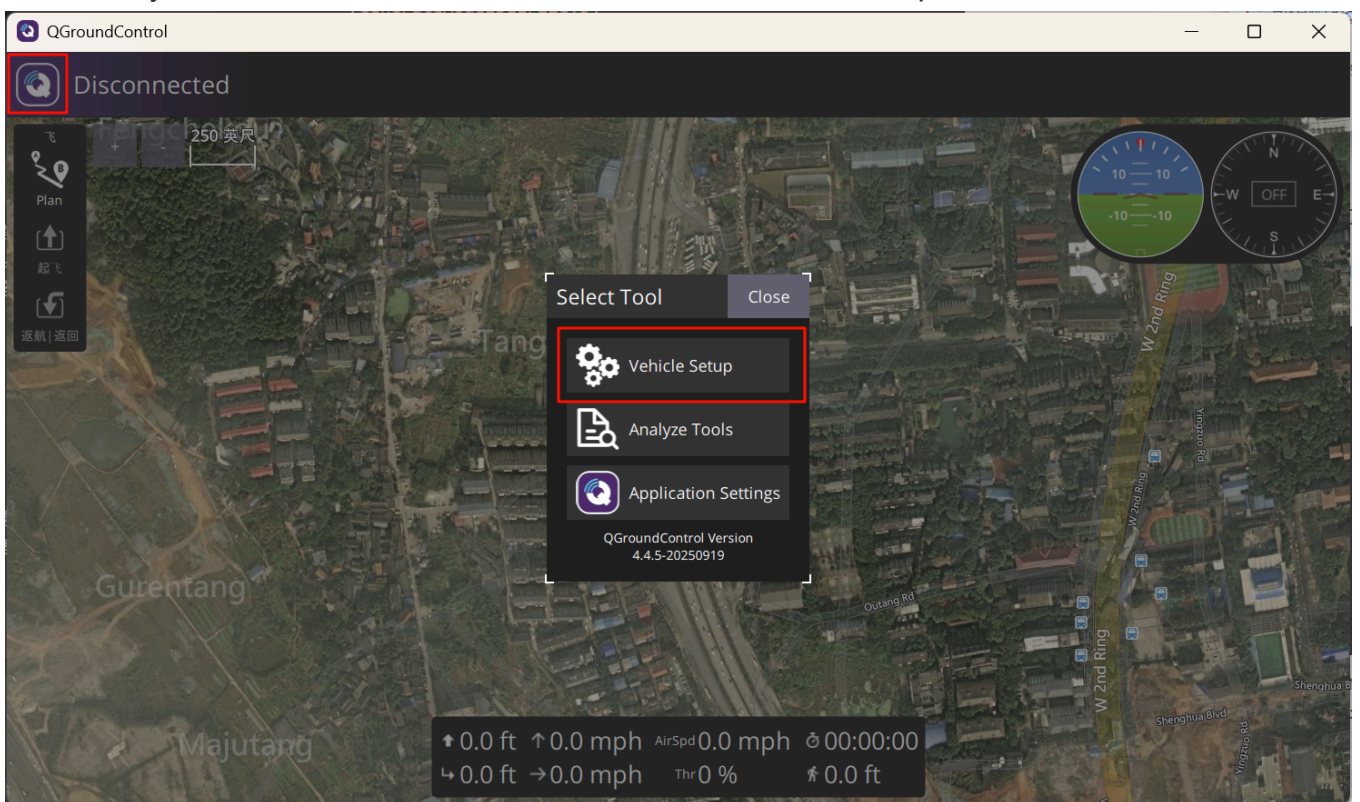
笔记本/台式电脑1台

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

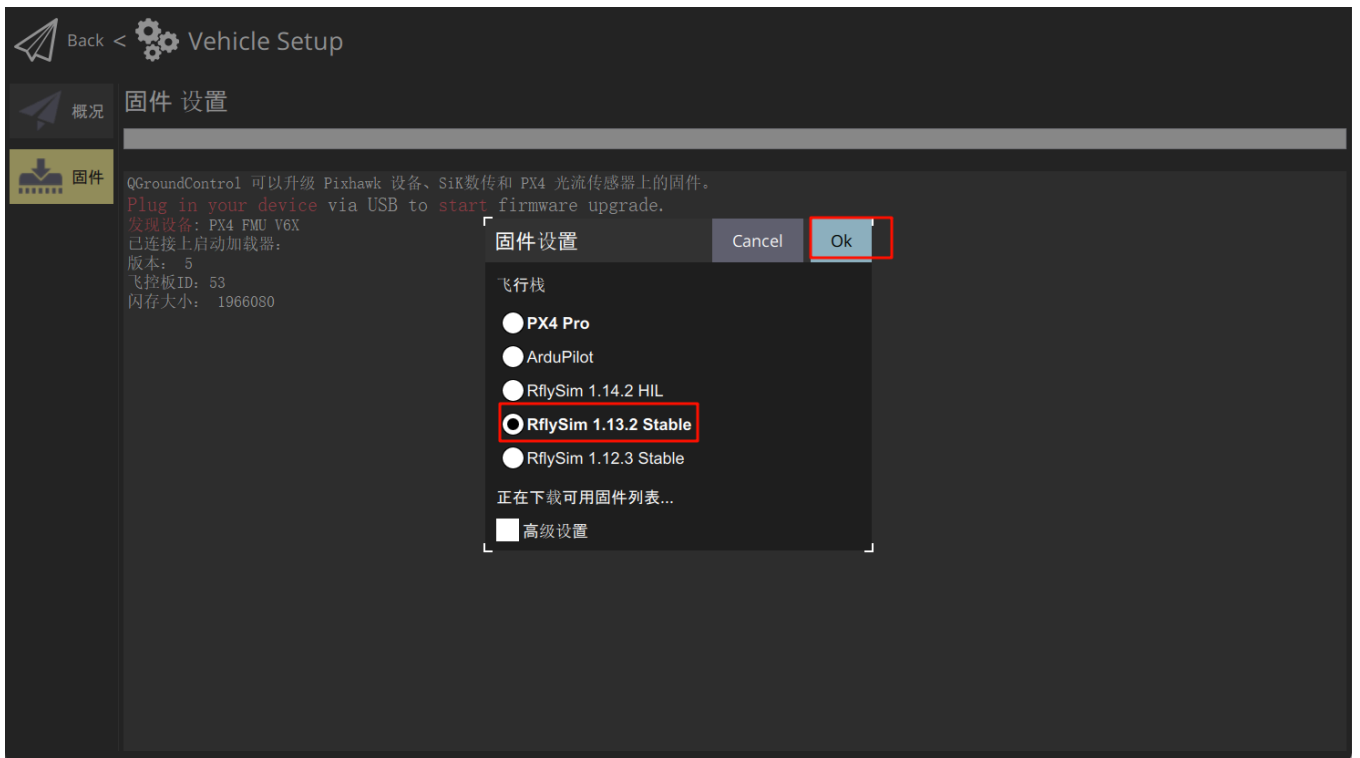
5.实验步骤

5.1 步骤1:启动RflySim3D仿真

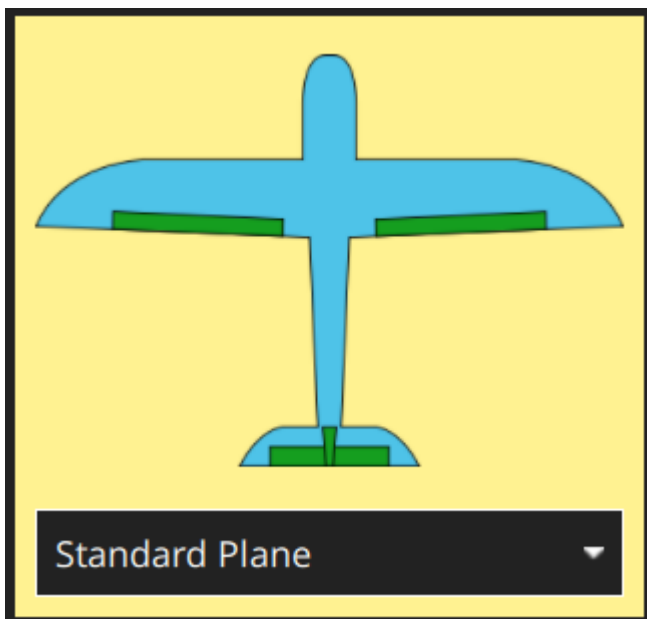
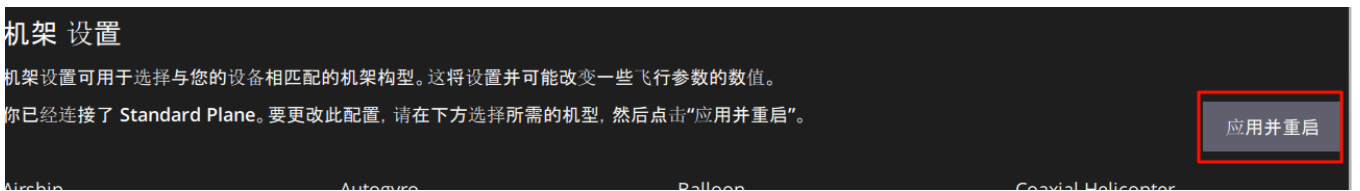
1. 在桌面/RflyTools文件夹下打开QGroundControl,点击Vehicle Setup.



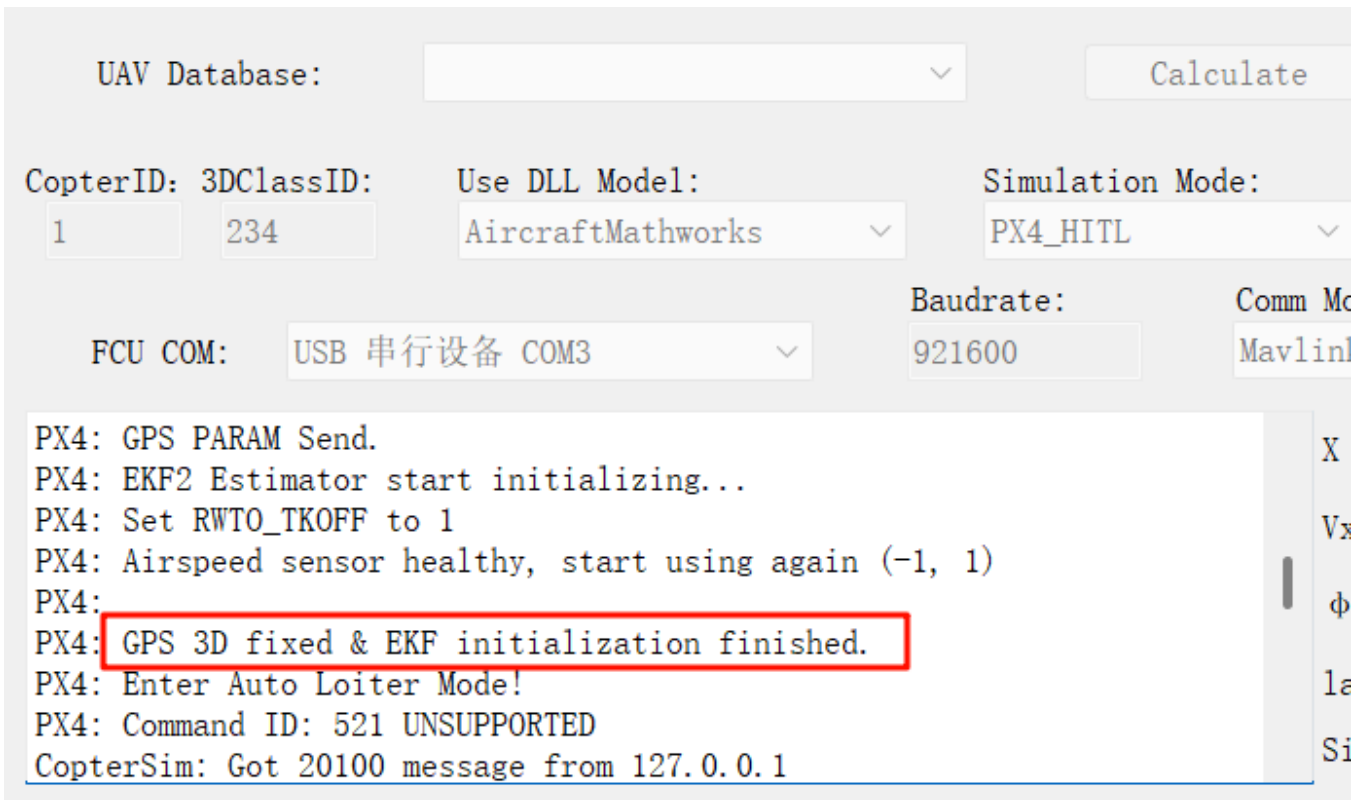
2. 点击固件重新插拔飞控，选择RflySim 1.13.2 Stable点击ok。等待烧入完成。



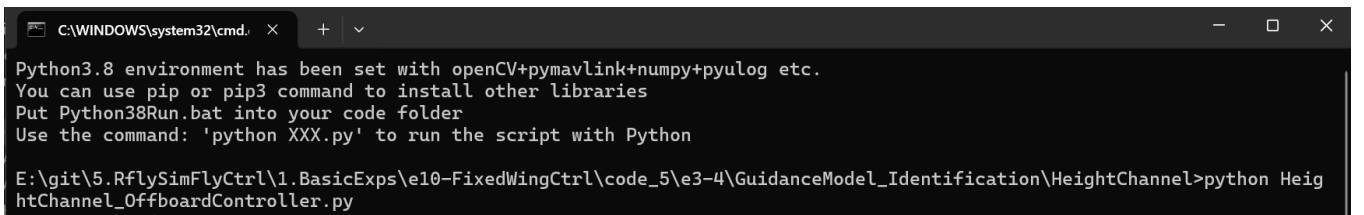
3. 机架选择Standard Plane，点击重启并应用。



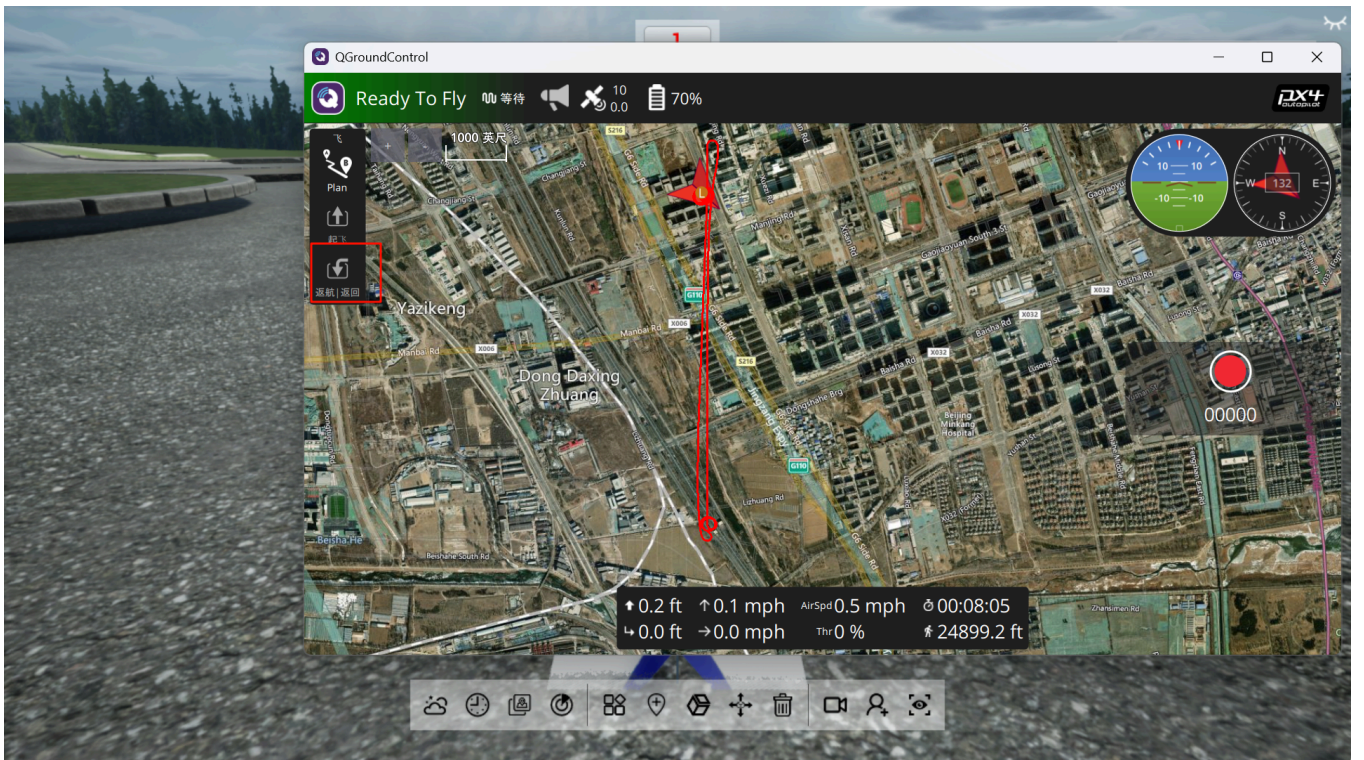
4. 双击打开 [AircraftMathworksMavlinkHITLRun.bat](#) 脚本，会启动1个CopterSim，RflySim 3D，QGC,等待CopterSim信息栏出现'GPS 3D fixed & EKF initialization finished.'。



5. 双击打开Python38Run.bat输入并运行Python HeightChannel_OffboardController.py,并运行。

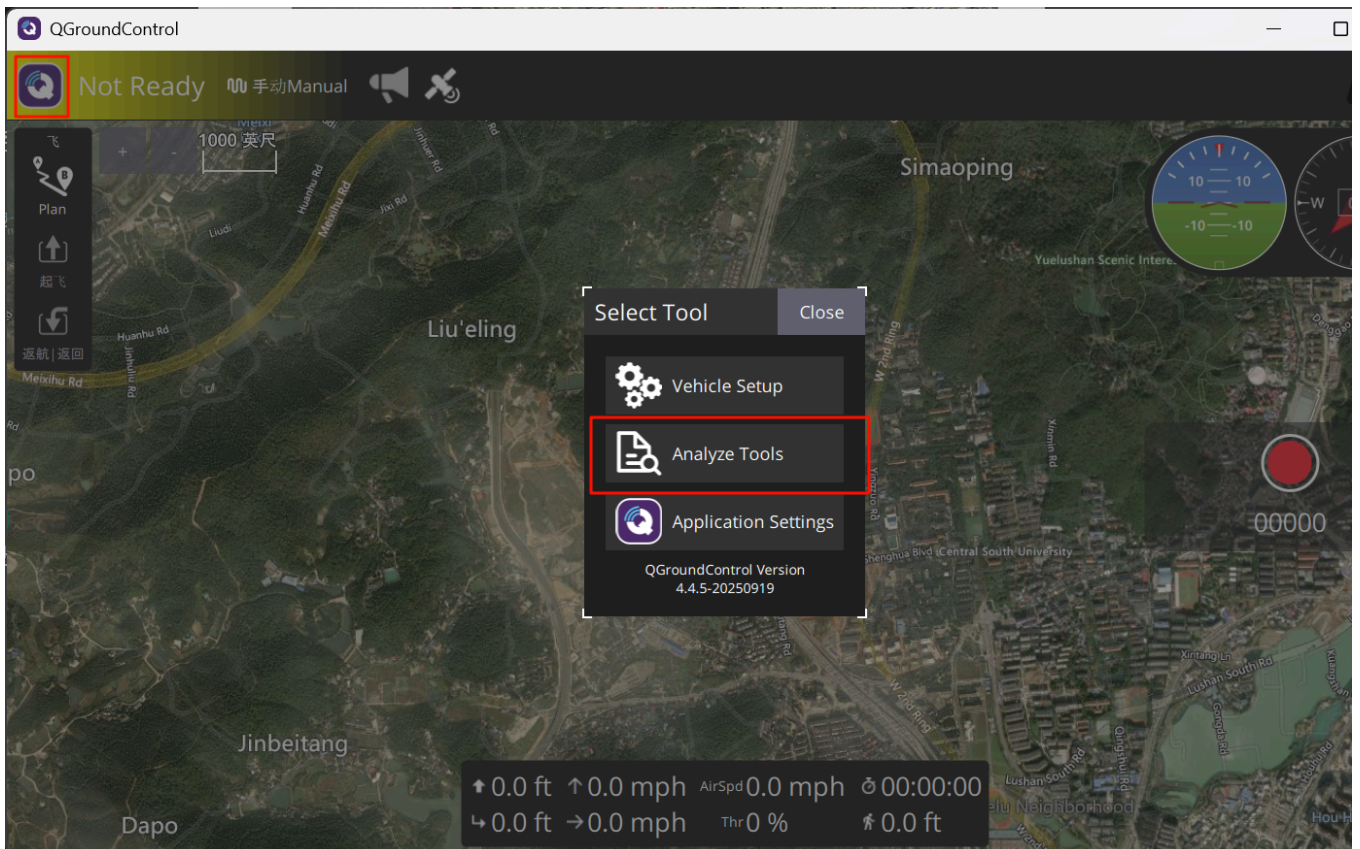


6. 在RflySim3D 中可以看到固定翼起飞，在QGC中查看飞行轨迹，等待无人机开始盘旋在QGC中点击返航。

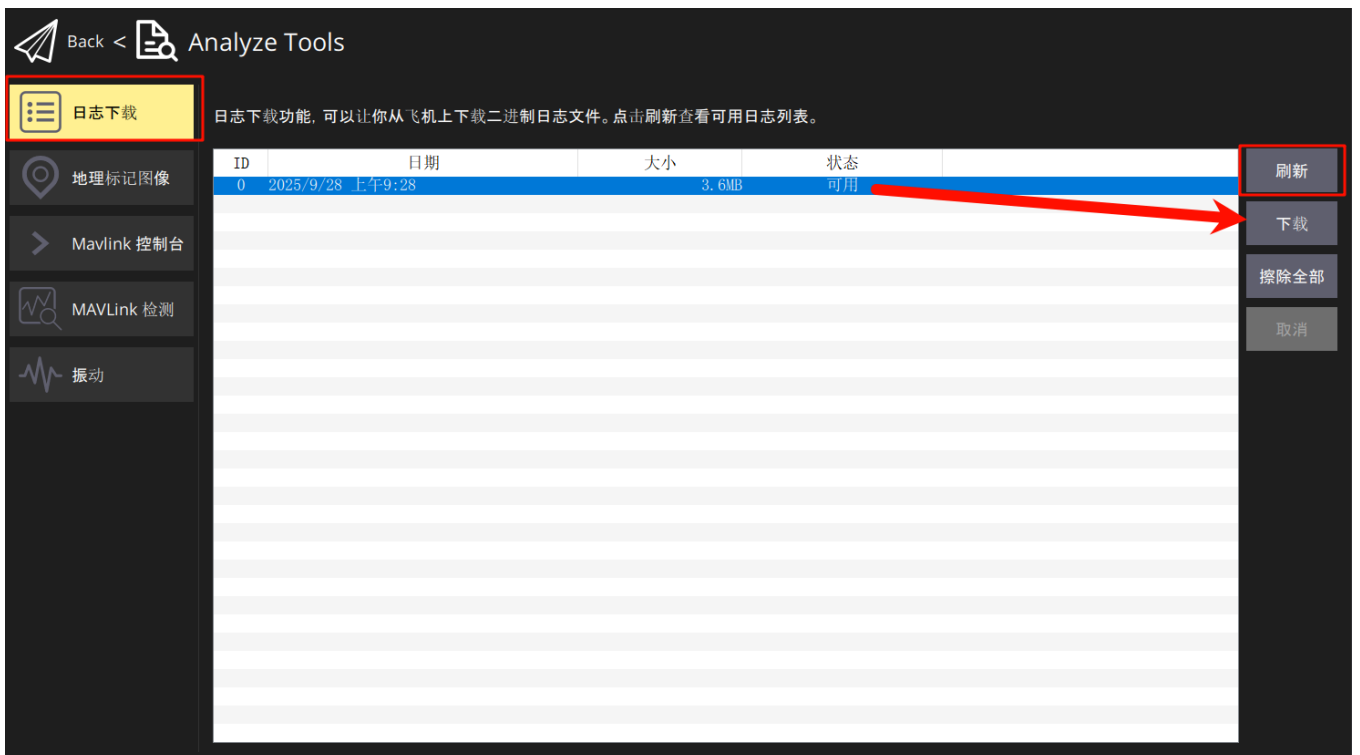


5.2 步骤2: 从自驾仪中导出飞行日志, 进行数据预处理

1. 等待无人机落地之后在QGC中点击左上角图标, 在Select Tool中点击进入到Analyze Tools。



2. 在日志下载界面点击刷新, 选择最新时间的日志文件, 点击下载。



3. 打开Python38Env.bat脚本, 进入到下载日志的文件夹。

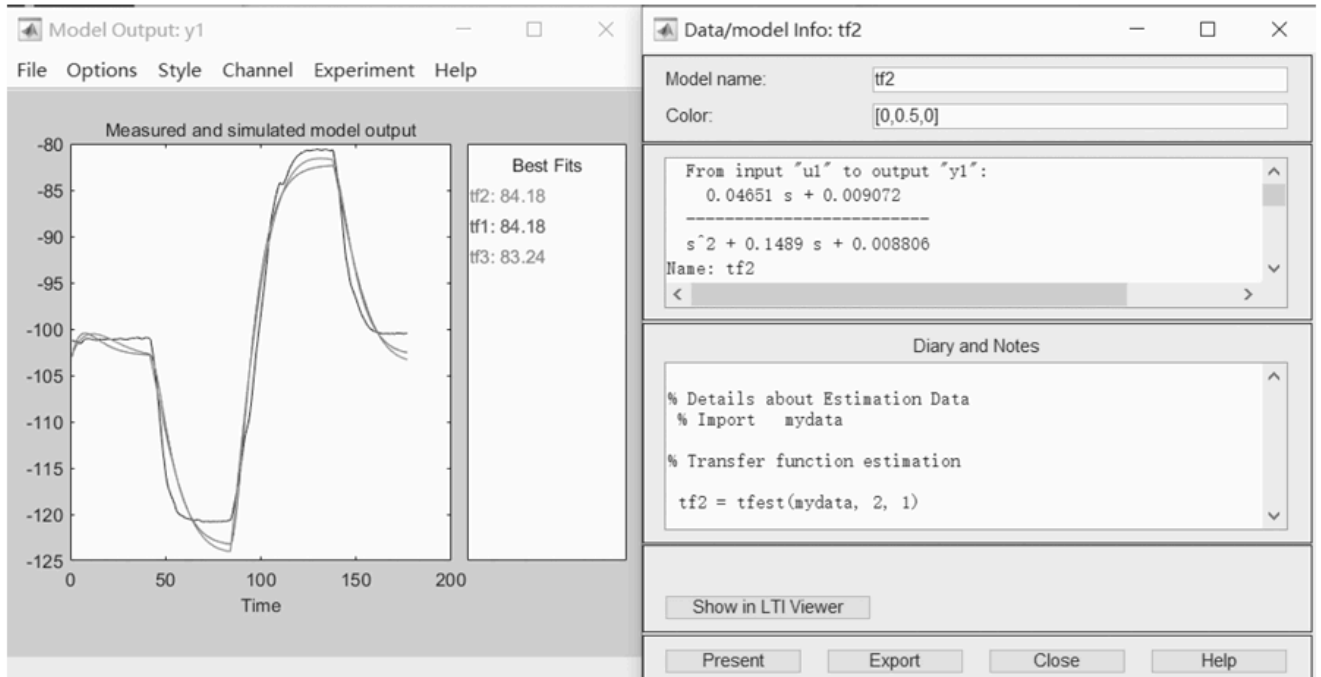
```
C:\PX4PSP\RflySimAPIs\Python38Scripts>cd C:\Users\uavcs\Desktop\  
C:\Users\uavcs\Desktop>|
```

4. 在Python38Env.bat脚本运行ulog2csv log_0_2025-9-28-09-35-22.ulg，将ulg文件转换为csv文件。

```
C:\Users\uavcs\Desktop>ulog2csv log_0_2025-9-28-09-35-22.ulg
```

5.3 步骤3:使用MATLAB系统辨识工具箱完成执导模型辨识

1. 根据readme.md相同，是同MATLAB系统辨识工具箱完成高度通道制导模型辨识。



6.参考资料

1. 全权,高文瀚,刘润潇,陈鑫泉,戴训华,吕书礼,徐琳,李悦.微小固定翼无人机飞行控制设计与实践.北京, 2025.

7.常见问题

Q1: 飞行器无法正常起飞或飞行轨迹异常

A1: 检查Python控制脚本是否正确运行，确保与飞控的通信正常。同时检查起飞点设置是否合理，以及航路点坐标是否正确。

Q2：系统辨识结果不准确或模型拟合度差

A2：检查飞行日志数据质量，确保数据完整且噪声较小。适当调整模型结构和参数估计方法，确保输入输出数据同步。

Q3：MATLAB无法读取飞行数据或处理出错

A3：确认已正确安装MATLAB系统辨识工具箱，检查数据文件格式是否正确，确保CSV文件包含必要的列数据。