

# 1. 实验名称及目的

## 1.1. 实验名称

双旋翼垂尾 PID 控制硬件在环实验

## 1.2. 实验目的

将通过数值仿真调试完成的 PID 控制器迁移到自动代码生成模板中，烧录到飞控中实现硬件在环仿真。

## 1.3. 关键知识点

控制器模块

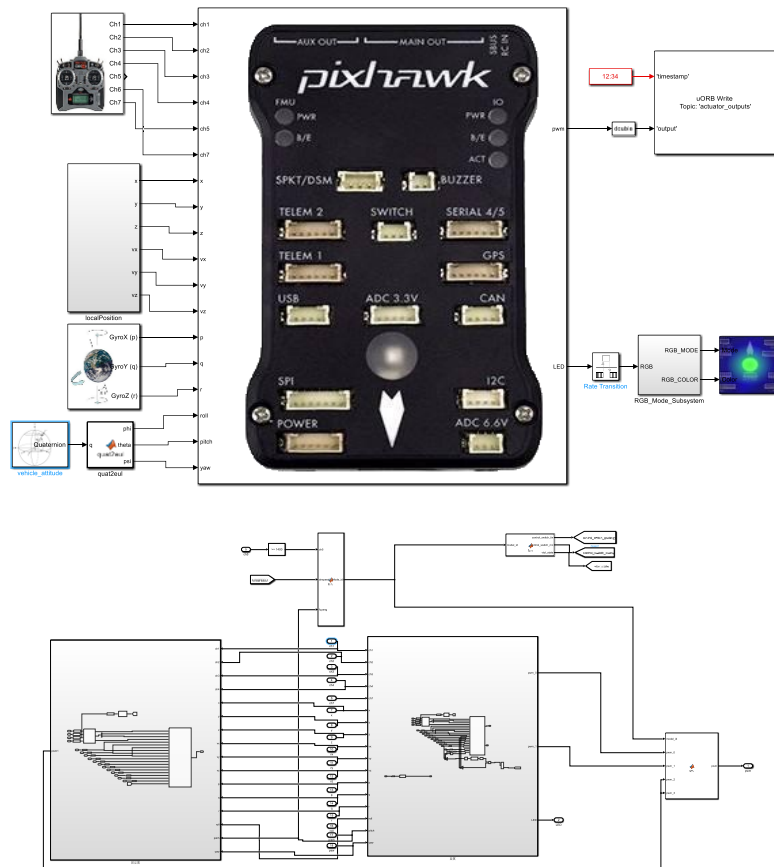


图 1 硬件在环控制器模块

控制器模块中详细的控制策略与控制器设计已在[./readme.pdf](#)中详细阐述，在此不再赘述。

硬件在环时，遥控器 ch5 通道切换同一模态下的飞行方式飞行模式，ch6 通道解锁无人机，ch7 通道切换不同模态。遥控器左手前后推动为油门通道，左右推动为偏航通道。右手前后推动为俯仰通道，左右推动为横滚通道。

## 运动模型模块

模型模块中详细的模型设计已在[..\..\..\4.RflySimModel\3.CustExps\3\\_VTOLModelCtrl\2.Tailsitter\\_Duo](#)中详细阐述，在此不再赘述。

## 2. 实验效果

遥控器能够正确切换模态及控制模式，且在 RflySim3D 中能够观测到正确的行为响应。

## 3. 文件目录

文件夹/文件名称		说明
Model	tailsitter_duo_init.m	模型参数初始化文件
	tailsitter_duo.slx	Simulink 动力学模型文件
	GenerateModelDLLFile.p	DLL 模型生成脚本
	tailsitter_duo.dll	动力学模型 DLL 文件
	tailsitter_duo_HITL.bat	硬件在环仿真脚本
Controller	control.m	控制器参数初始化文件
	PosControl.slx	Simulink 控制器模型文件
	Init_control_MC.m	控制器参数
	QGCparams.params	QGC 参数文件（1.12.3 版本）
	px4_fm-v6x_default.px4	编译完成的 6x 飞控固件（1.12.3 版本）
Icon	Simulink 模块图标	

## 4. 运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 <sup>①</sup>	1
2	RflySim 工具链，本实验需保证安装平台时选择屏蔽官方固件	Pixhawk 6X 飞控 <sup>②</sup>	1
3	MATLAB 2022B 及以上版本	遥控器 <sup>③</sup>	1
		遥控器接收器	1

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com>

②：以本实验中所使用的飞控 Pixhawk 6x mini 为例，对应的编译命令为：`px4_fm-v6x_default`，固件版本要求为 1.12.3（本例提供的参数文件也是这个版本）。其他配套飞控及配置请见：<http://rflysim.com>。

③：本实验演示所使用的遥控器为：天地飞 ET10、配套接收器为：WFLY RF209S。遥控器相关配置见：<https://rflysim.com/doc/zh/B/3.1ET10.html>

## 5. 实验步骤

### 5.1. 准备硬件在环仿真模型

打开安装完成的“Matlab”软件，并进入本例程路径 Model 子目录下。

打开“模型参数文件 (Init.m)”，并点击“运行”，将参数加载至工作区，如图 2 所示。

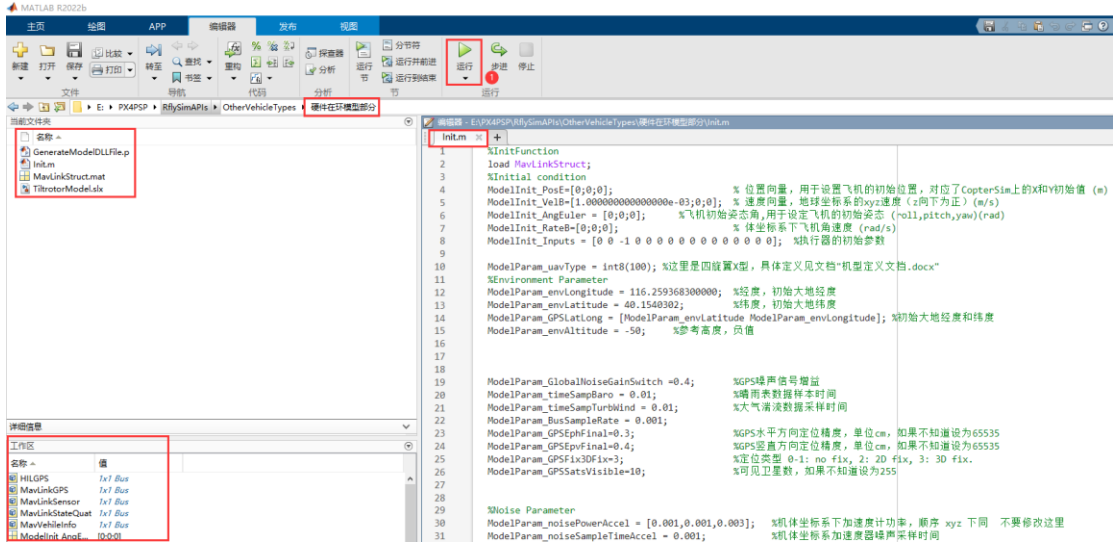


图 2 参数加载

打开“模型主程序 (Tailsitter\_duo.slx)”，依次点击“调试”，“运行”，如图 3 所示。至程序运行完成且无报错。



图 3 程序运行

#### Step 1: 编译模型

点击工具栏中“APP”，选择“Embedded Coder”，如图 4 所示。



图 4 选择 APP

完成上一步骤后，点击工具栏中的“C++代码”选项，出现图 5 所示界面，点击生成代码图标。

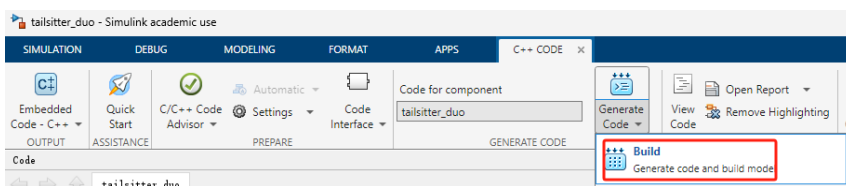


图 5 生成代码

打开“诊断查看器”，并可看到提示“编译过程已成功完成”如图 6 所示。

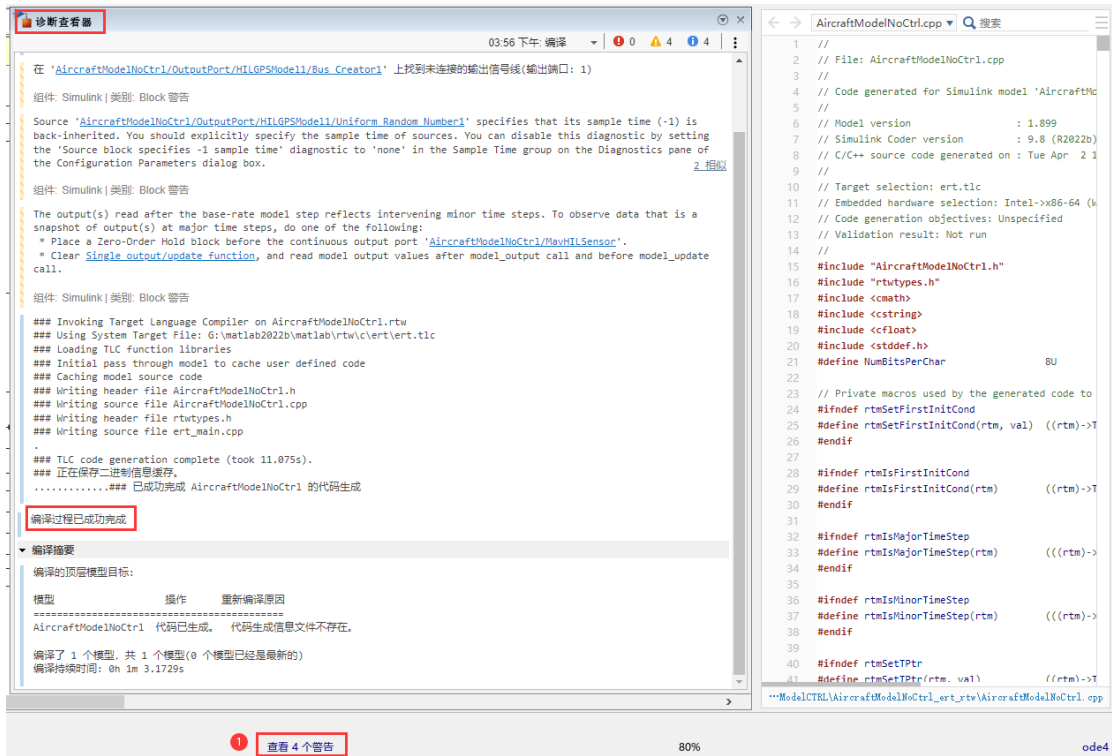


图 6 编译成功界面

## Step 2: 生成 DLL 文件

回到 Matlab 文件夹下，选择“模型生成文件 (GenerateModelDLLFile.p)”后，点击鼠标右键可弹出选项栏，选择“运行”，一段时间后，命令行窗口显示“Compiling successfully, the Tailsitter\_duo.dll has been generated.”，如图 7 所示。此时，DLL 模型生成完成。

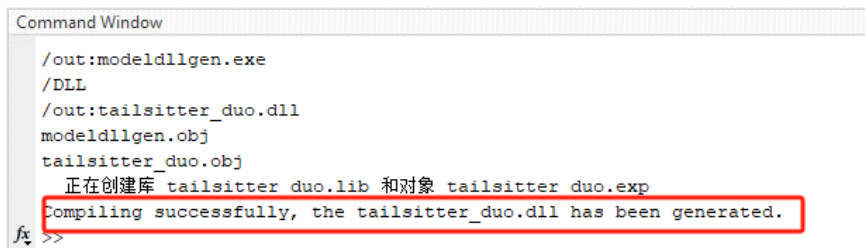


图 7 DLL 模型生成

生成完成后，文件路径下出现生成后的模型 (TiltrotorModel.dll)。

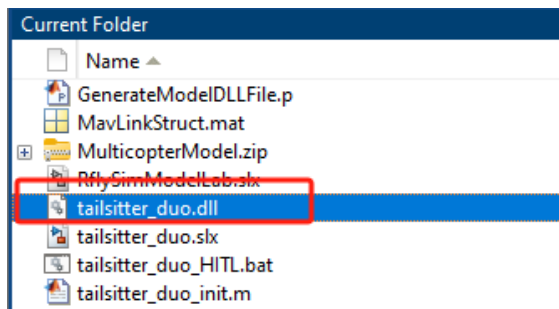




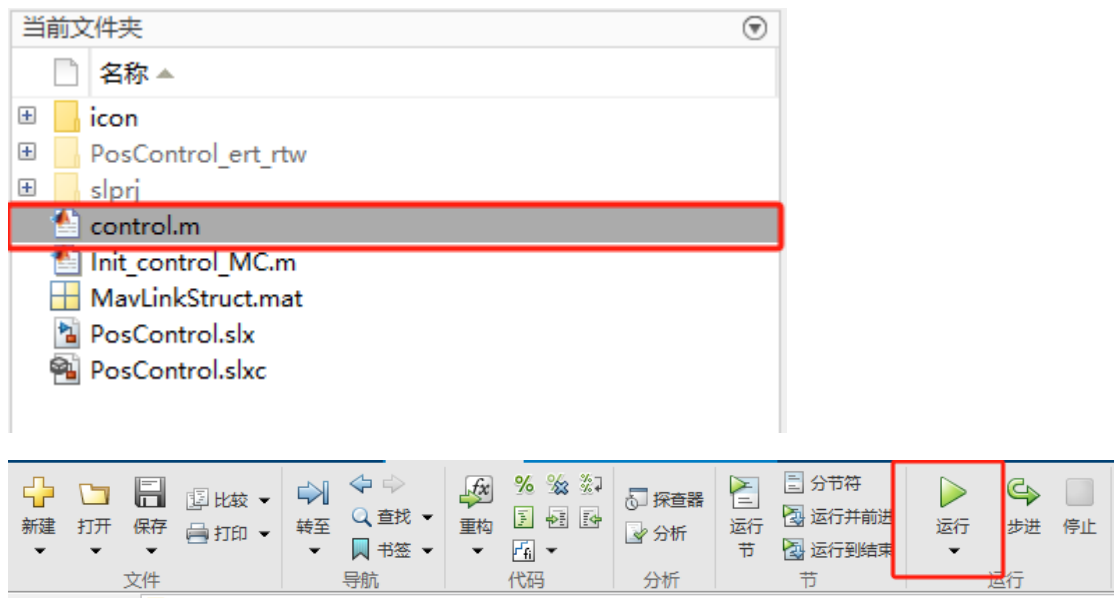


图 12 正反设置

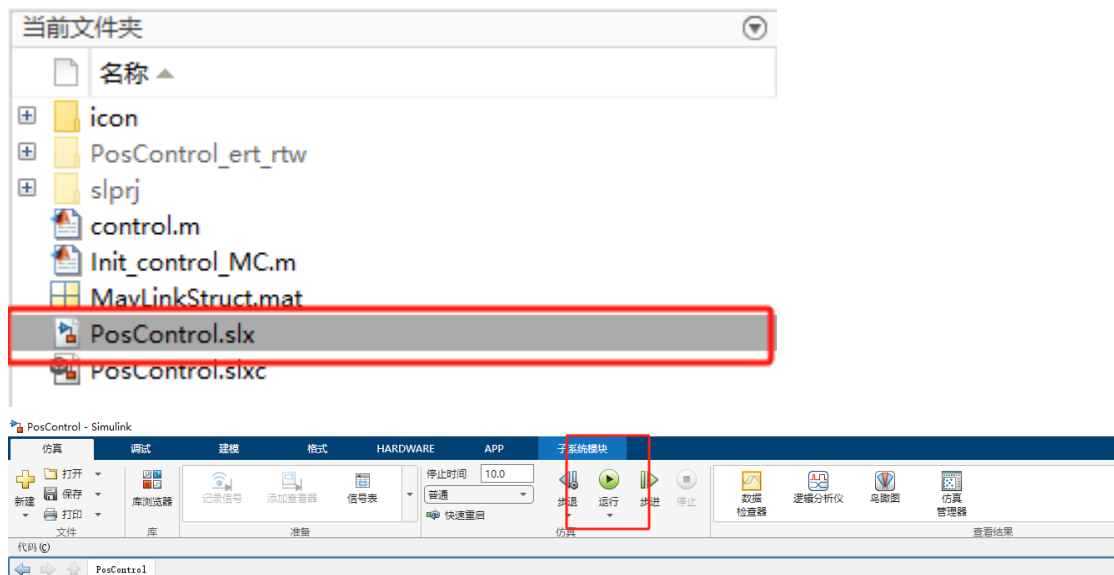
## 5.3 飞控固件生成及烧录

### Step 1: 编译模型

在 matlab 中打开 cntroller 文件夹，打开 control.m 参数文件，点击运行。

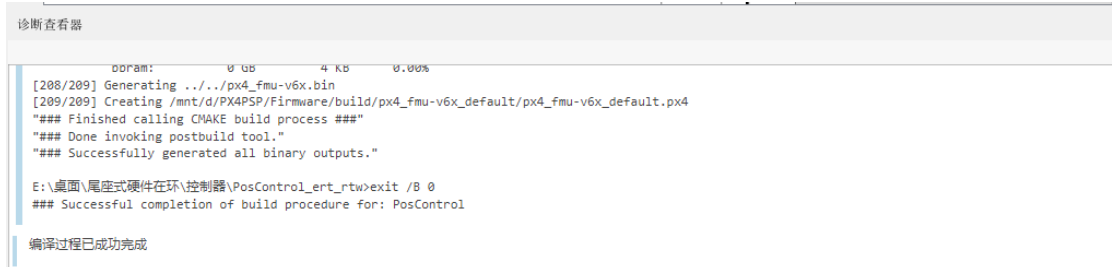


打开 PosControl.slx 控制器模型文件，运行并编译生成固件。



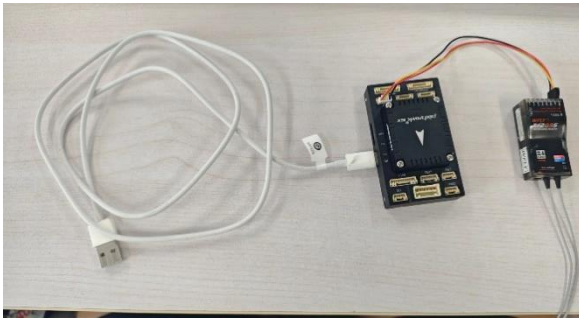


出现以下提示为编译成功。



## Step 2: 代码烧录

将 Pixhawk 6x 飞控和接收机按以下方式连接，通过 USB 连接至电脑。



在 Simulink 点击代码下载。



出现以下界面即为下载成功。

```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
Loaded firmware for board id: 53,0 size: 1935065 bytes (98.42%), waiting for the bootloader...
Attempting reboot on COM8 with baudrate=57600...
If the board does not respond, unplug and re-plug the USB connector.
Attempting reboot on COM1 with baudrate=57600...
If the board does not respond, unplug and re-plug the USB connector.

Found board id: 53,0 bootloader version: 5 on COM8
sn: 002600413132510e30373734
chip: 20036450
family: b' STM32H7[4|5]x'
revision: b' V'
flash: 1966080 bytes
Windowed mode: False

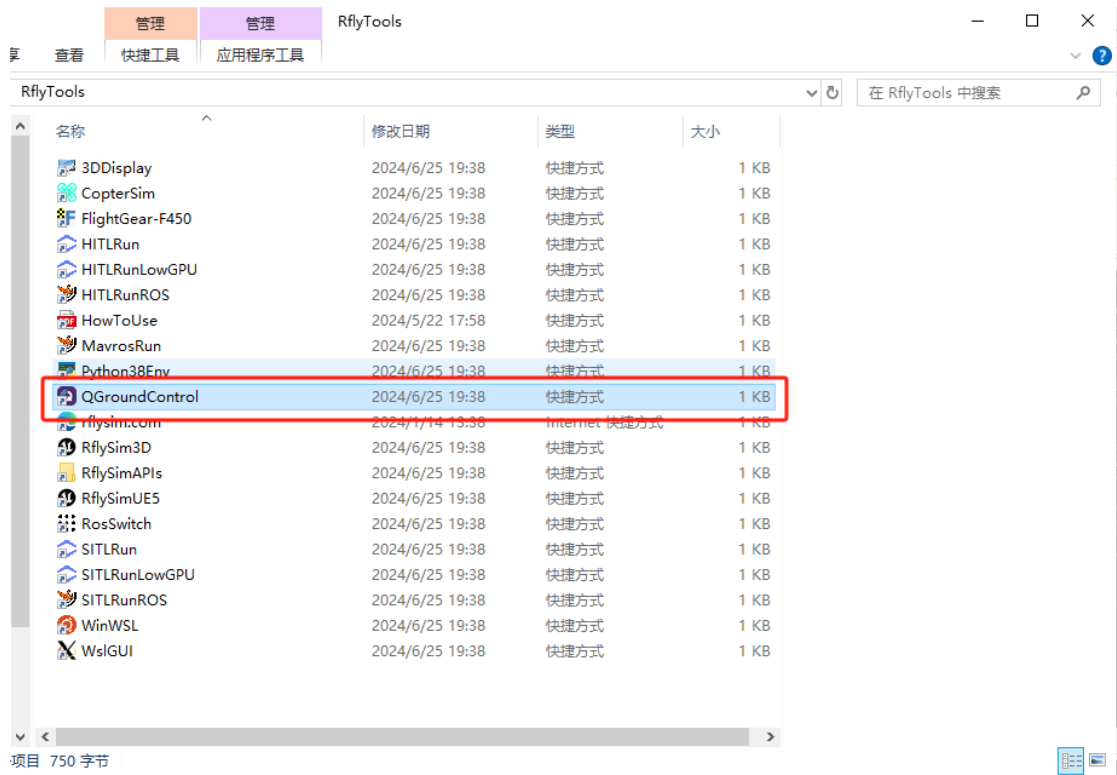
Erase : [=====] 100.0%
Program: [=====] 100.0%
Verify : [=====] 100.0%
Rebooting. Elapsed Time 28.480

E:\桌面\尾座式硬件在环\控制器>
```

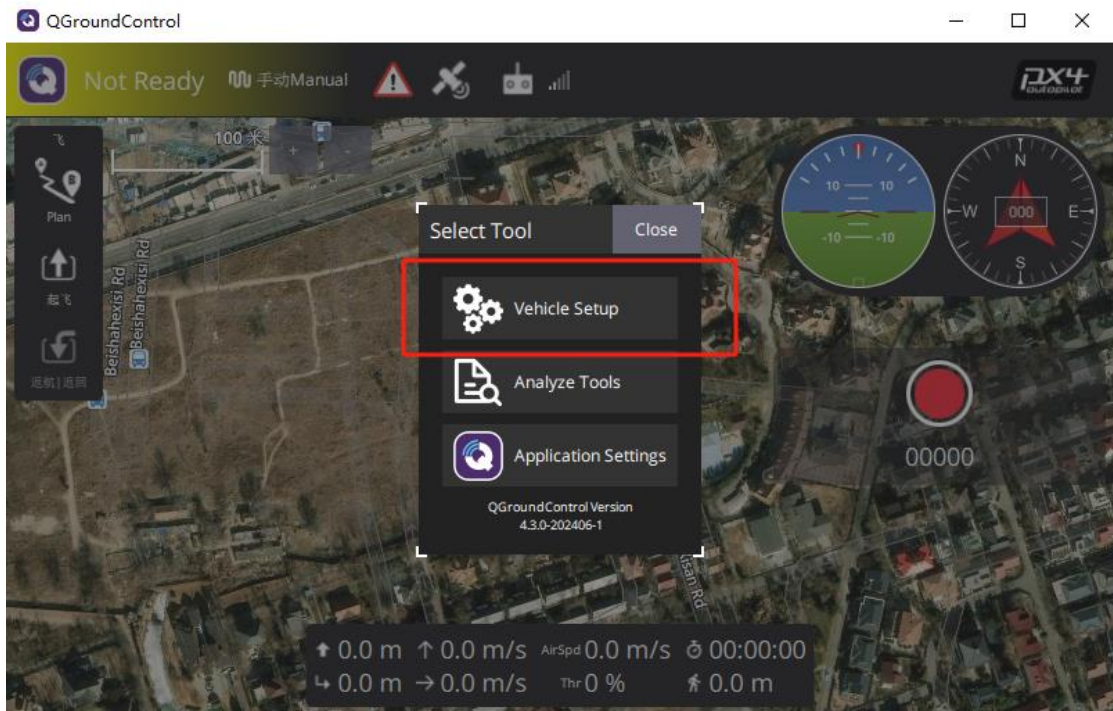
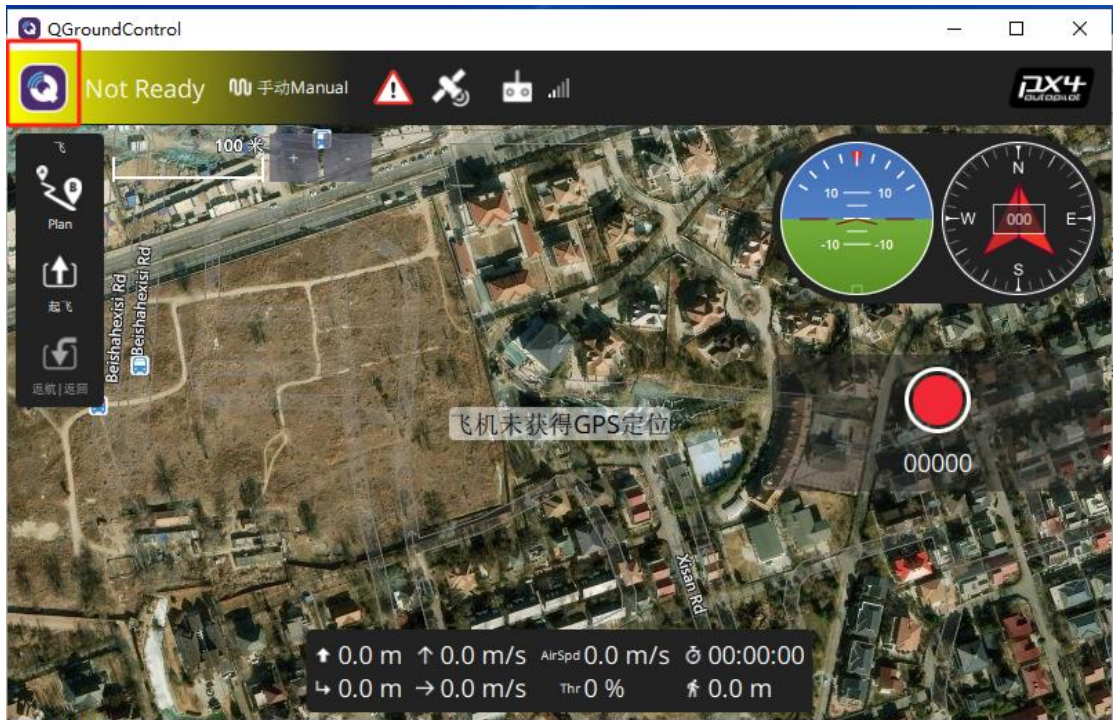
## 5.4 飞控内部参数修改。

### Step 1: 上传参数

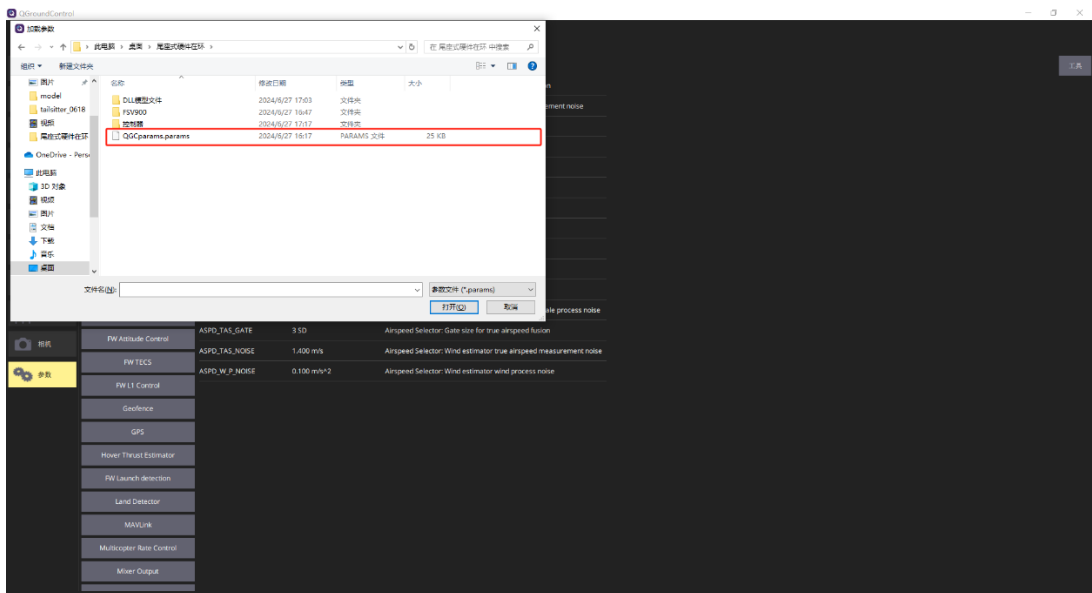
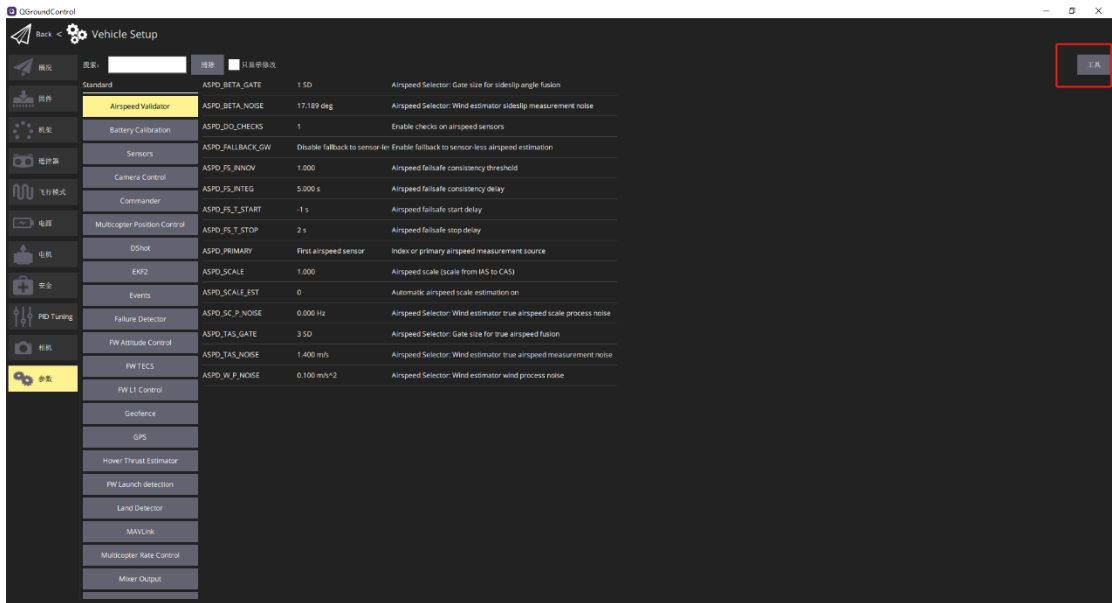
在飞控和电脑连接的情况下在 RflyTools 文件夹中打开 QGroundControl 软件



点击左上角后点击 Vehicle Setup 进入设置界面。



点击参数进入到参数设置界面，点击工具加载参数文件 QGCparams.params。参数导入完成后再次点击工具重启飞行器即可完成参数设置。



## Step 2: 遥控器校准。

具体操作步骤见 <https://docs.px4.io/main/zh/config/radio.html>.

## Step 3: 飞行日志记录。

选择“参数”，在搜索栏中输入“log”，将日志记录方式设定为上电记录，且记录文件编号为 19。具体设置分别如下图所示。

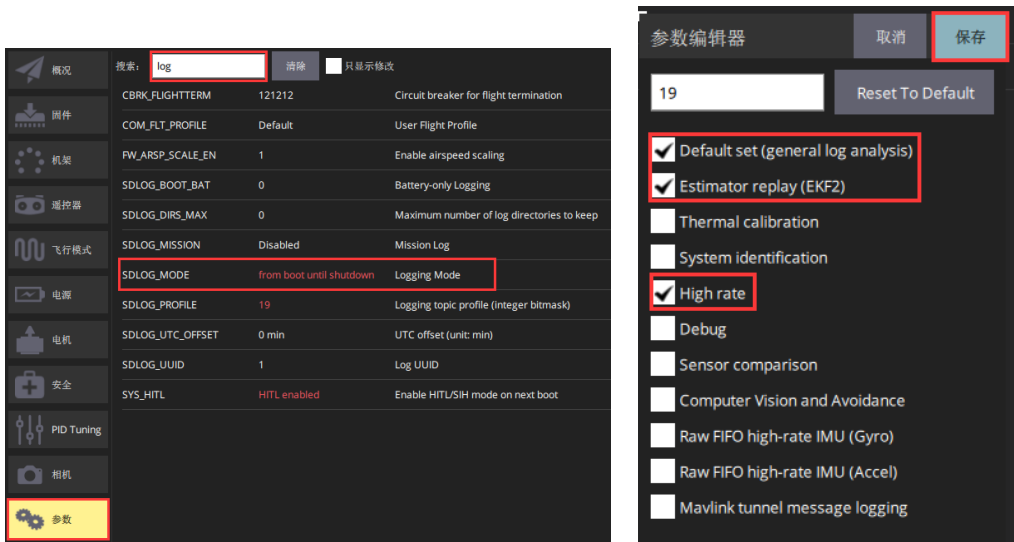


图 13 日志记录设置

**Step 4: 飞行日志下载。**

如错误!未找到引用源。的设置界面，选择“Analyze Tools”，进入日志下载界面，此时“日志下载”界面没有任何数据，点击“刷新”弹出所有数据，选择对应数据，点击下载。



图 14 日志下载

**Step 5: 飞行日志查看。**

使用“PX4 飞行日志分析”或“PlotJuggler”软件查看，详见 [https://docs.px4.io/main/zh/log/light\\_log\\_analysis.html](https://docs.px4.io/main/zh/log/light_log_analysis.html).

**5.5 仿真流程**

切换到 model 目录

**Step 1: 启动仿真**

双击启动 bat 脚本，会依次打开“RflySim3D”，“CopterSim”软件，CopterSim 软件界面如下图所示，设定“使用 DLL 模型文件”为生成的尾座式垂起模型，“飞控选择”选择飞控插入时对应的 Com 口（非 Com1），此时可在“QGroundControl”软件中查看实时数据。如下图所示，“CopterSim”软件提示框弹出“PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished”，即为初始化完成。初始化完成后，可开始使用遥控器控制尾座式飞机动作。



图 15 CopterSim 设置

## Step 2: 尾座式飞机的控制过程

将 SC 开关拨至中位，此时无人机解锁，可使用遥控器在自稳模式下起飞（当前为旋翼模态），并可自由控制其动作。

若要实现定高飞行，可将 SB 开关拨至中位。为保持高度稳定悬停，可将油门杆拨至中位再进行各姿态动作。

若要实现定点飞行，可将 SB 开关拨至低位。为保持高度稳定悬停，可将油门杆拨至中位再进行各平移动作。

若要转换控制模态即将旋翼模态转换至固定翼模态，则仅需将 SA 开关拨至高位，开始进行过渡过程，该过程中完全由系统自主完成，无需人为干预。待过渡完成后，固定翼将进入定速飞行模式。

## 6. 参考资料

[1].

## 7. 常见问题

Q1: \*\*\*

A1: \*\*\*