

1. 实验名称及目的

1.1. 实验名称

半自助控制基础实验

1.2. 实验目的

在基于 Simulink 的控制器设计与仿真平台上，复现仿真实验分析四旋翼姿态和位置响应的特点，记录当期望姿态为零时的水平位置响应，记录当油门回中时的高度响应；完成硬件在环仿真。

1.3. 关键知识点

- Simulink 控制器设计。
- 四旋翼姿态和位置响应特点。
- RflySim 平台软硬件在环仿真。

2. 实验效果

用遥控器解锁多旋翼，实现手动控制。通过遥控器给定四旋翼一个期望的姿态，可以看到四旋翼能够快速跟踪上期望的姿态，当遥控器摇杆全部回中时，四旋翼姿态基本保持水平

3. 文件目录

	文件夹/文件名称		说明
HIL	icon	FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
		pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
		vehicle_local_position.mat	
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	Stabilize_HIL.slx		Simulink 仿真模型文件。
	Init_control.m		控制器初始化参数文件。
Sim	icon	UE_Logo.jpg	UE 软件的 Logo
		Init.m	模型初始化参数文件。
		FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
		pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
		SupportedVehicleTypes.pdf	机架类型修改说明文件。
		F450.png	F450 飞机模型图片。
	PosCtrl_Sim.slx		Simulink 仿真模型文件。
	Init_control.m		控制器初始化参数文件。

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 ^①	1
2	RflySim 工具链	Pixhawk 6x 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2022b 及以上	遥控器 ^③	1
		遥控器接收器	1
		数据线、杜邦线等	若干

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

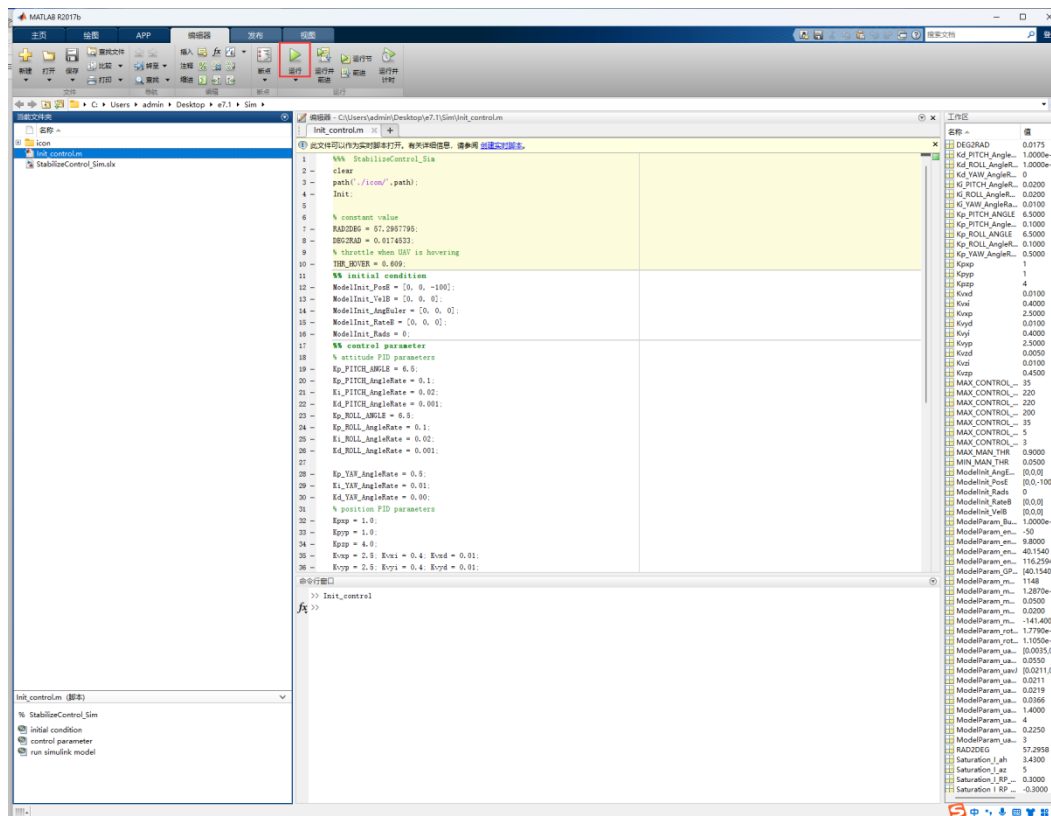
②：须保证平台安装时的编译命令为：px4_fmU-v6x_default，固件版本为：1.12.3。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

③：本实验演示所使用的遥控器为：天地飞 WFLY-ET10、配套接收器为：WFLY-RF20 9S。遥控器相关配置见：<https://rflysim.com/doc/zh/B/3.1ET10.html>

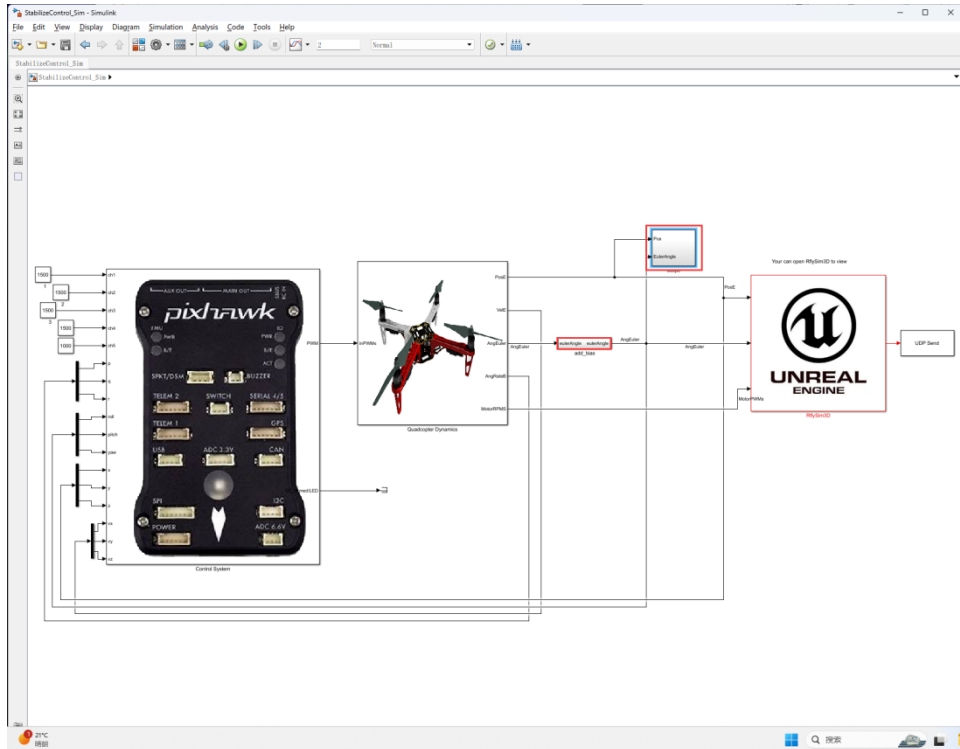
5. 实验步骤

5.1. 软件在环仿真实验

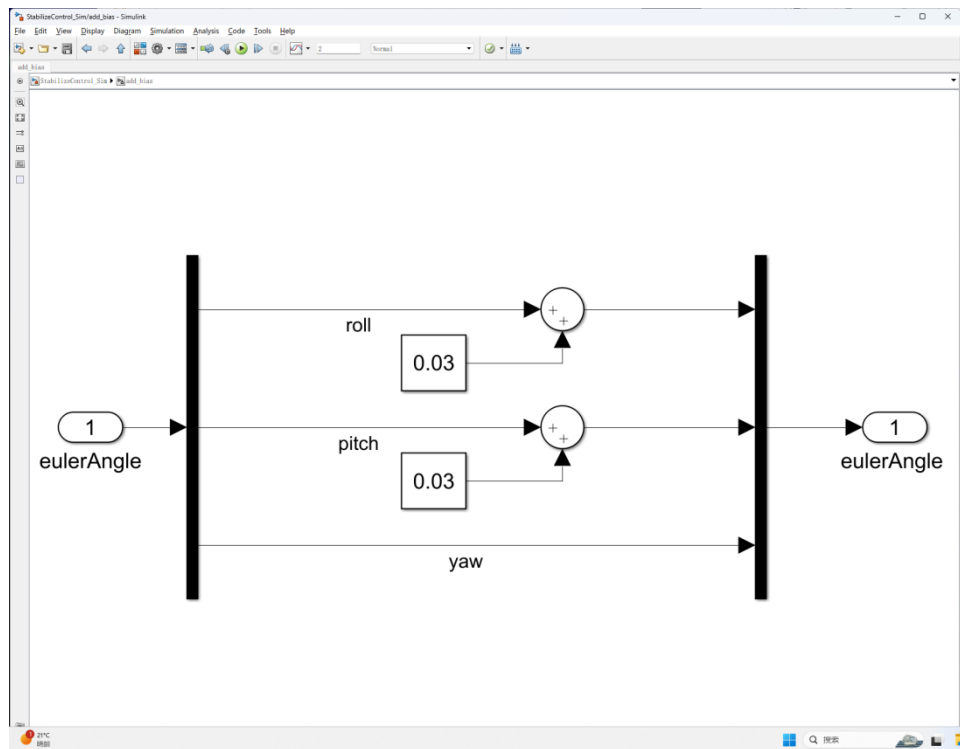
打开 e7-SemiAutoCtrl\7.1\Sim\Init_control.m 文件，点击运行初始化参数，

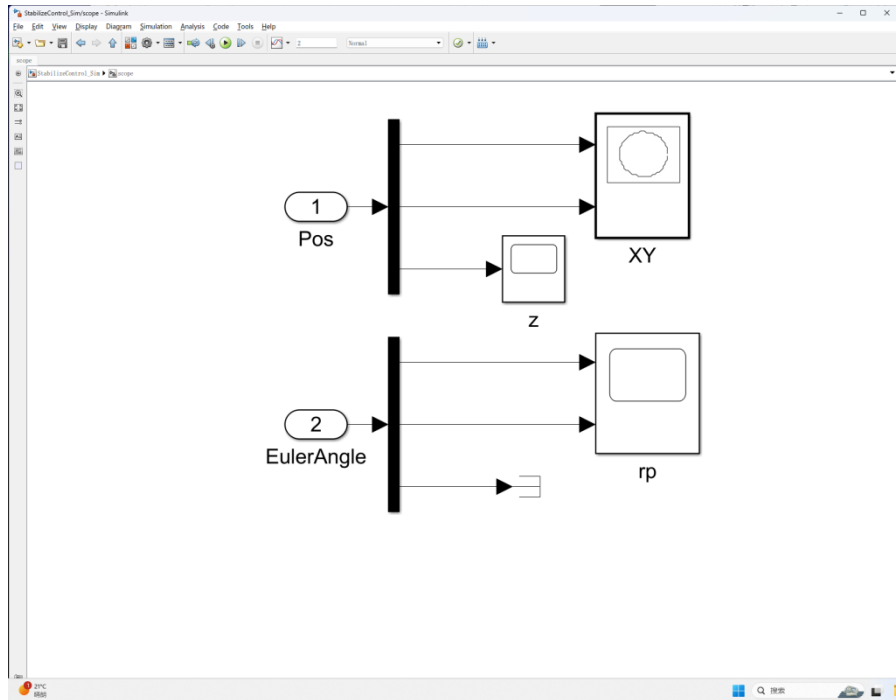


“StabilizeControl_Sim.slx”文件将会自动打开，如下图所示。

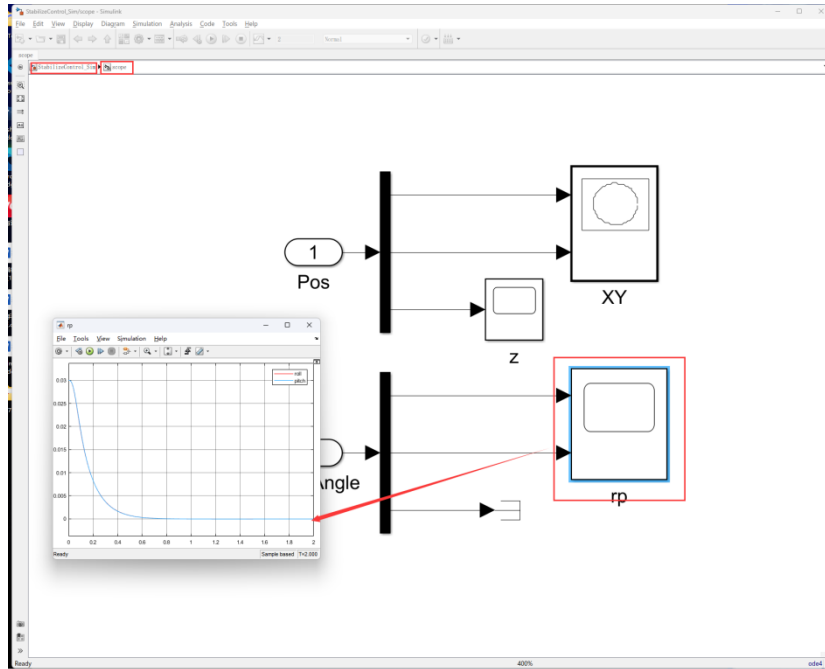


双击上图标红的两个模块，可以看到模型在姿态角输出部分加了常值扰动，以模拟实际飞行过程中的偏差。如下图所示。

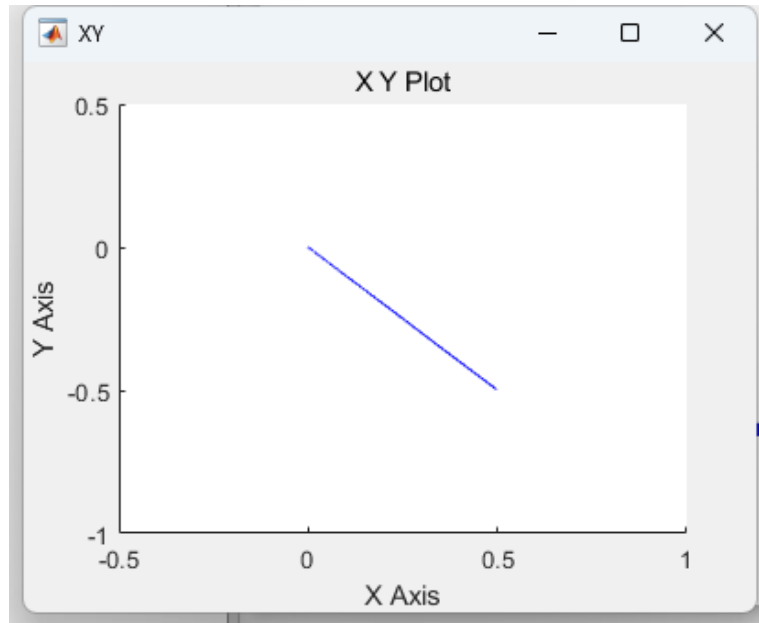




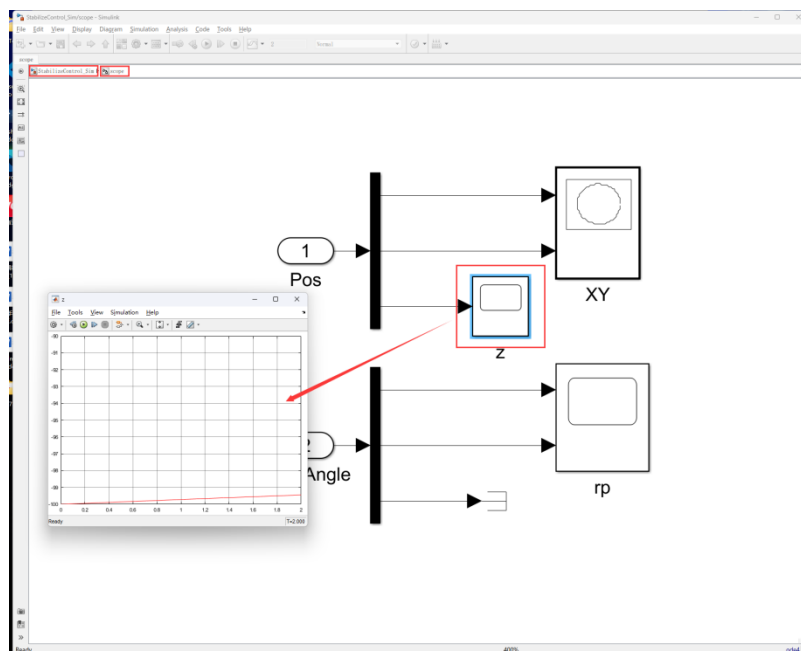
点击 Simulink 开始仿真按钮，开始仿真，观察并记录波形，分析实验结果。期望俯仰角和横滚角为 0，实际滚转角和俯仰角如图，因为常值干扰的存在，实际的滚转角开始并不为 0，然后在姿态控制器的调节下滚转角和俯仰角趋近期望滚转角，最终达到稳态，逼近期望值。



在这个过程中，产生一个非零速度，导致水平位置输出如下图所示，可以看到，因为干扰的存在，水平位置又缺乏反馈控制，最终水平位置产生了漂移。

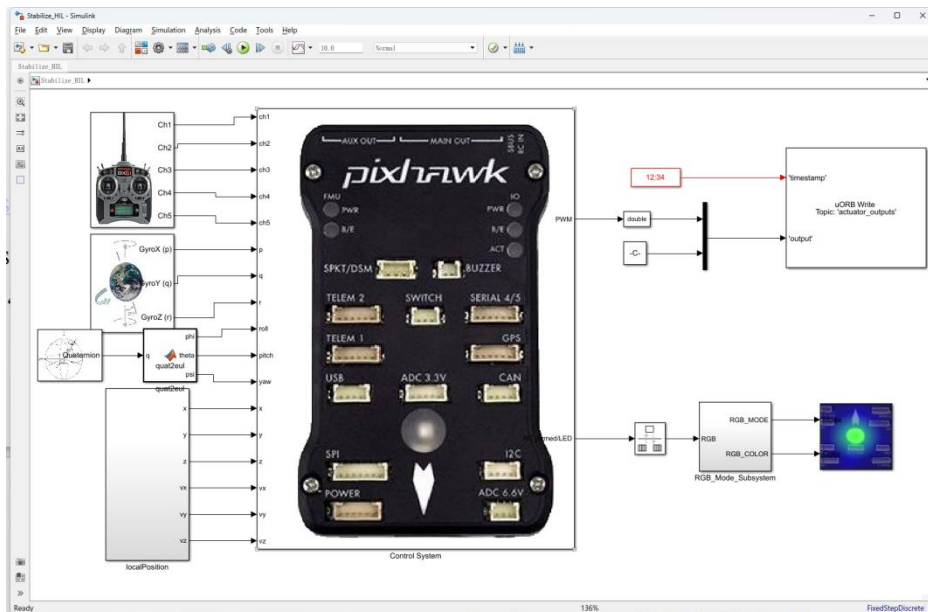


基于同样的原因，高度上也有漂移，如下图所示。所以在自稳模式下，四旋翼只能姿态稳定而不能保持位置稳定，悬停油门尽管是经过精确计算但由于舍入误差，高度仍然不能保持稳定。

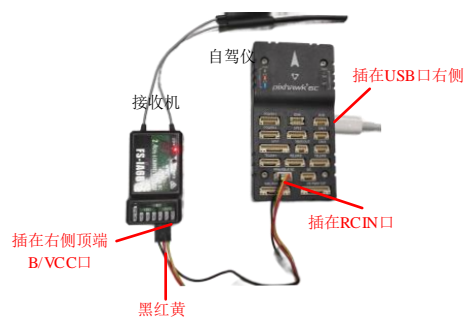


5.2. 硬件在环仿真实验

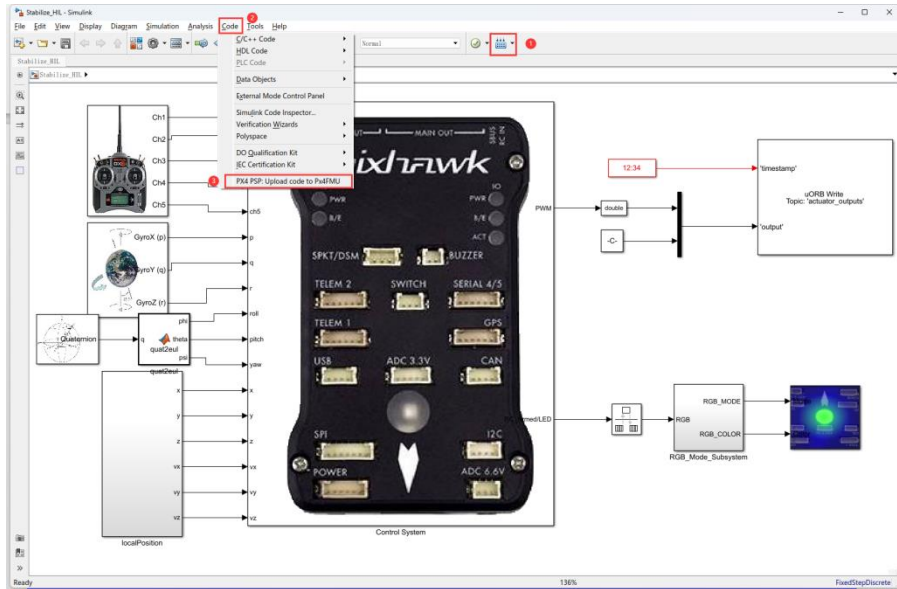
打开 e7-SemiAutoCtrl\7.1\HIL\init_control.m 文件，点击运行初始化参数，“StabilizeControl_HIL.slx”文件将会自动打开，如下图所示。值得注意的是，“Control System”模块和软件在环仿真的相同。



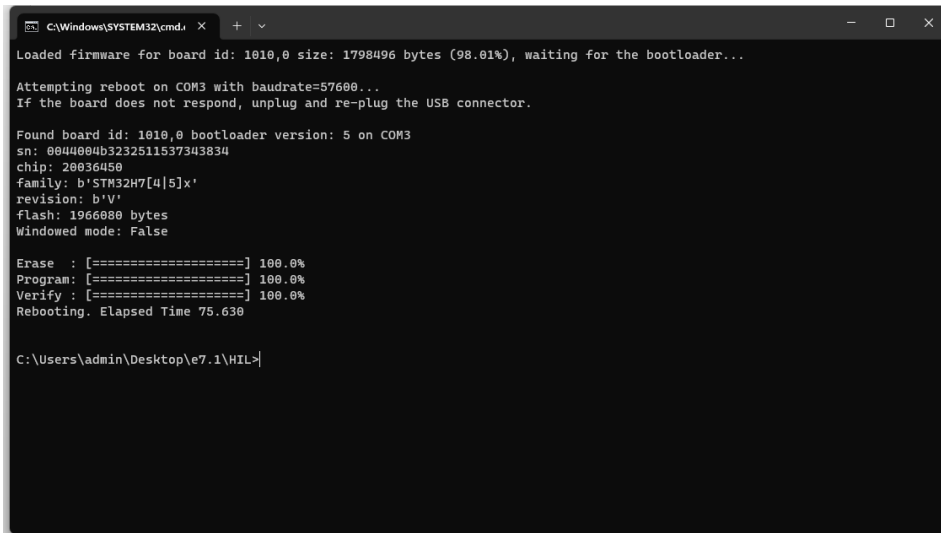
用 USB 数据线链接飞控与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：`PX4Upload` 并运行或点击 `PX4 PSP: Upload code to Px4FMU`，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞控中，等待上传成功。



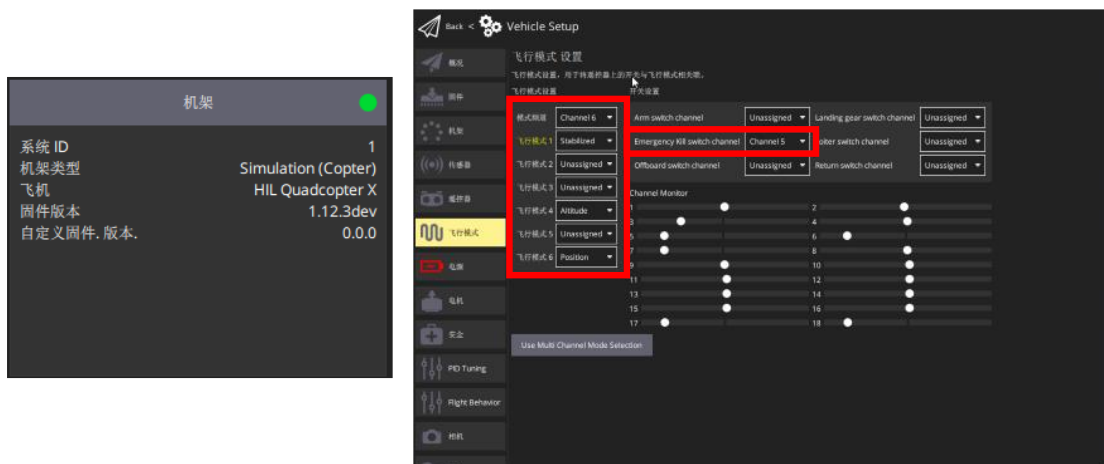
将硬件在环仿真模型编译并下载文件到 Pixhawk 自动驾驶仪中。这样就可以在 Pixhawk 自动驾驶仪中运行我们自己设计的半自主控制程序。



下载成功显示如下图：



上传成功后，打开 QGroundControl 软件。确认无人机机架及遥控器通设置如下：



遥控器的设置如下图。注：遥控器设置中，CH5 通道需设置为二段式开关，CH6 通道设置为三段式开关。



油门：控制上下运动，对应固定翼油门杆
俯仰：控制机头转向，对应固定翼方向舵
横滚：控制前后运动，对应固定翼升降舵
偏转：控制左右运动，对应固定翼副翼

通过遥控器给定四旋翼一个期望的姿态，可以看到四旋翼能够快速跟踪上期望的姿态，当遥控器摇杆全部回中时，四旋翼姿态基本保持水平，在 RflySim3D 中按下快捷键“T”，即可显示飞机的轨迹线，可以看到四旋翼轨迹仍在移动，说明四旋翼位置在漂移。

6. 参考资料

- [1]. 全权,杜光勋,赵峙尧,戴训华,任锦瑞,邓恒译.多旋翼飞行器设计与控制[M],电子工业出版社, 2018.
- [2]. 全权,戴训华,王帅.多旋翼飞行器设计与控制实践[M],电子工业出版社, 2020.

7. 常见问题

Q1: ***

A1: ***