

1. 实验名称及目的

1.1. 实验名称

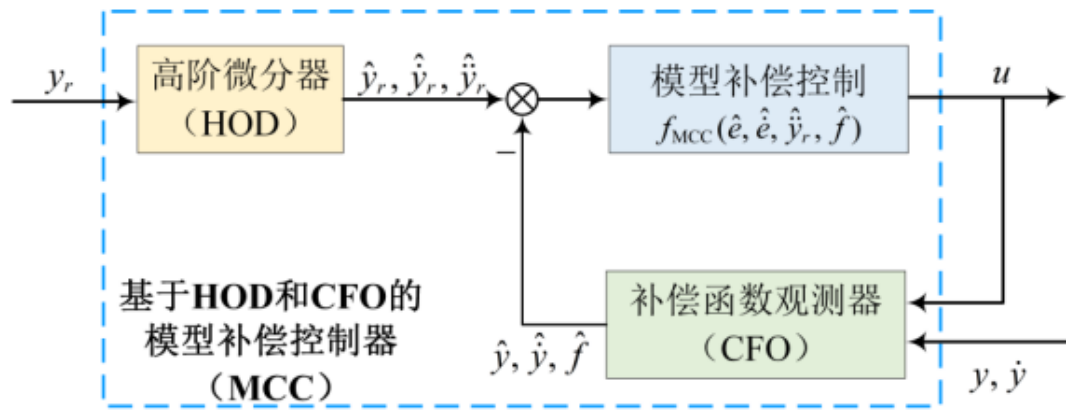
MCC 定高控制器设计实验（仅限完整版及以上版本）

1.2. 实验目的

MCC 全称为 Model Compensation Control，即模型补偿控制器。本实验将对四旋翼的定高作为控制目标，进行设计 MCC 控制器设计实验包含有控制器搭建->SITL->HITL->实飞。

1.3. 关键知识点

- 模型补偿控制（Model Compensation Control, MCC）的结构框如图 3 所示，主要由三部分组成：高阶微分器（High Order differentiator, HOD）、补偿函数观测器（Compensation function observer, CFO）和模型补偿控制模块。



更多详细信息请见文件：[..\Development Manual of MCC Controller.pdf](#)

2. 实验效果

实现四旋翼定高控制。

3. 文件目录

| | 文件夹/文件名称 | 说明 |
|---------|------------------------------|---------------------------|
| Sim | Hovering_Control_Sim_CFO.slx | MCC 定高控制器数字联调模型文件 |
| | Hovering_Init_control_CFO.m | 控制器参数文件 |
| | icon | 图片等其他文件。 |
| HIL&FLY | icon | 图片等其他文件。 |
| | HIL_FLY_CFO.slx | MCC 定高控制器 HITL 仿真和实飞模型文件 |
| | Init_control_CFO.m | 控制器参数文件 |
| | px4_fmU-v6x_default1132.px4 | Pixhawk 6X 官方 1.13.2 版本固件 |

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 |
| 4 | | 飞思 X450 飞机 ^② | 1 |
| 5 | | 遥控器接收器 | 1 |
| 6 | | 数据线、杜邦线等 | 若干 |
| 7 | | SD 卡及读卡器 | 1 |

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

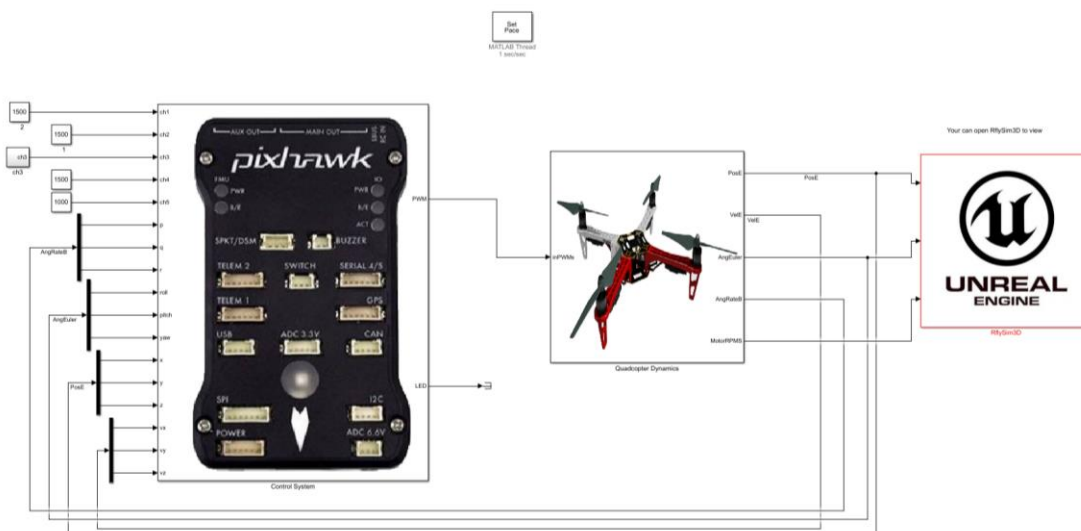
②：须保证平台安装时的编译命令为：`px4_fmuv6x_default`，固件版本为：1.12.3。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

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>

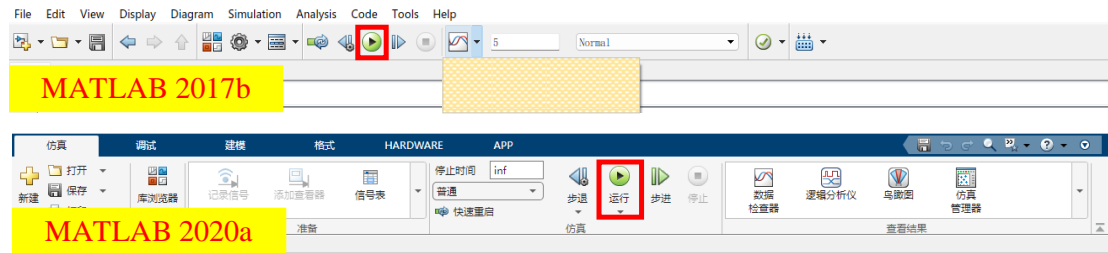
5. 实验步骤

5.1. Sim 实验

在 MATLAB 中打开 [Sim\Hovering_Init_control_CFO.m](#) 文件并运行，等待运行完成之后，打开 [Sim\Hovering_Control_Sim_CFO.slx](#) 文件，该文件中输入中 CH1、CH2、CH4 均为 1500，CH5 为 1000，CH3 初始输入为 1700，在 $0.001 * 5000 = 5s$ （0.001 为仿真步长）之后，输入由 1700 变化为 1500，无人机处于悬停状态。



打开 RflySim3D，运行 Simulink 中的运行按钮

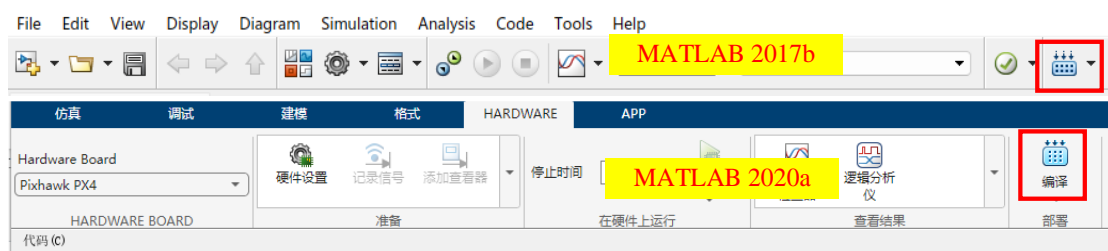


即可在 RflySim3D 中看到飞机正常起飞：

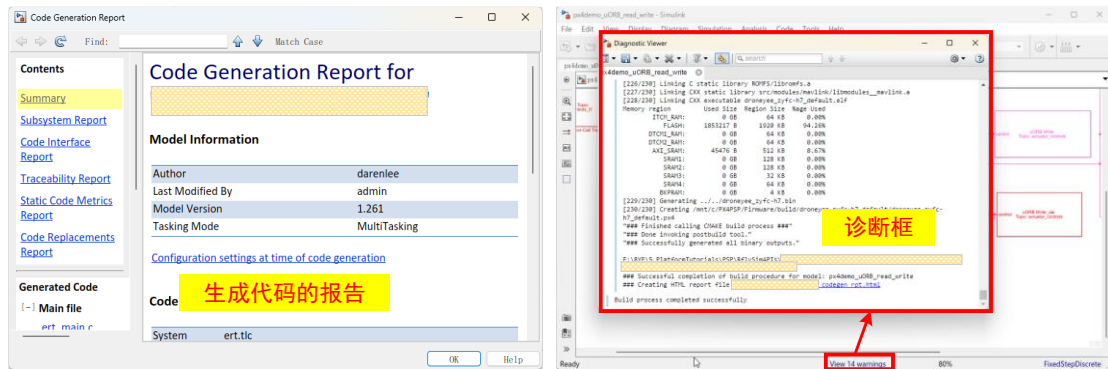


5.2. HITL 实验

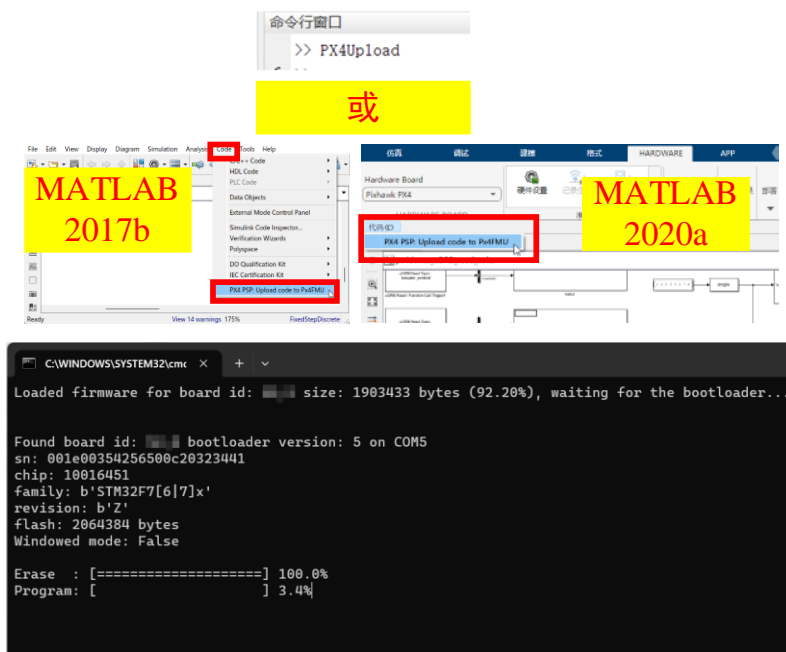
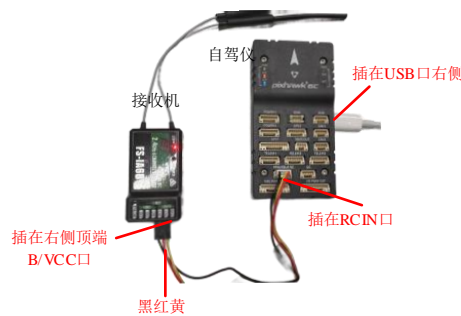
在 MATLAB 中打开 [HIL_FLY\Hovering_Init_control_CFO.m](#) 文件并运行，等待运行完成之后，打开 [HIL_FLY\Hovering_Control_FLY_CFO.slx](#) 文件，点击 Simulink 中的编译按钮。



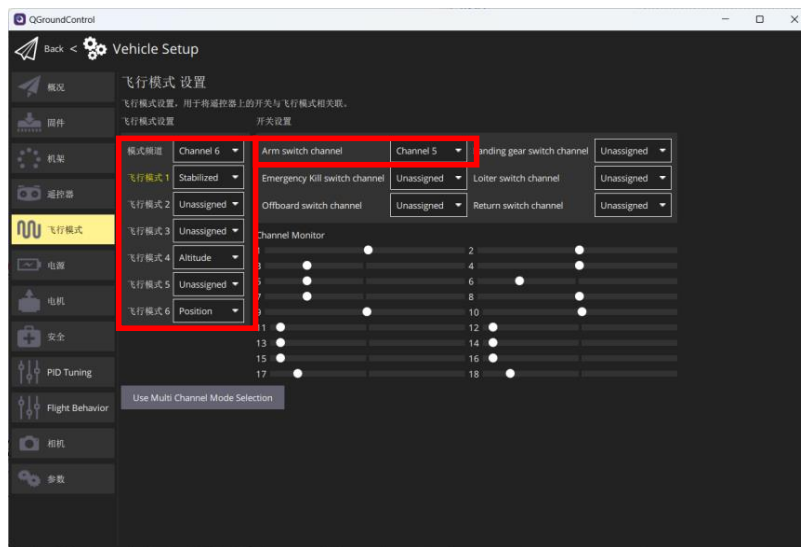
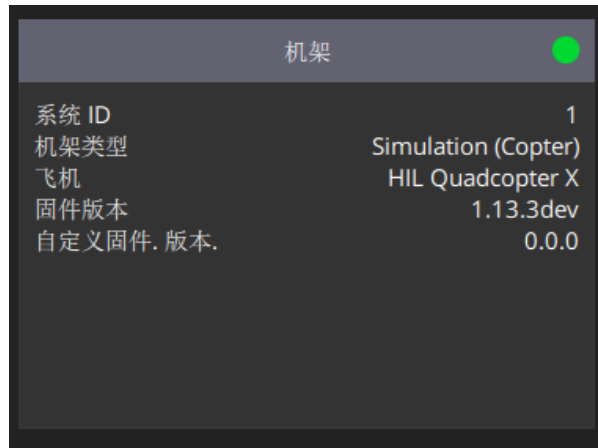
在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



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。

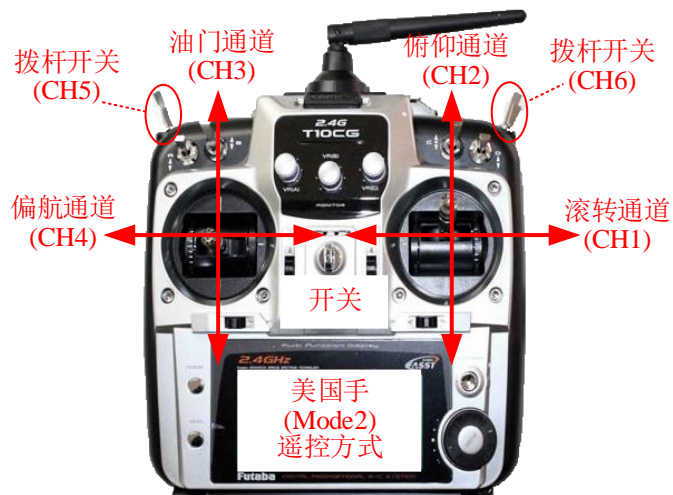


上传成功后，打开 QGroundControl 软件，确认为如下设置：

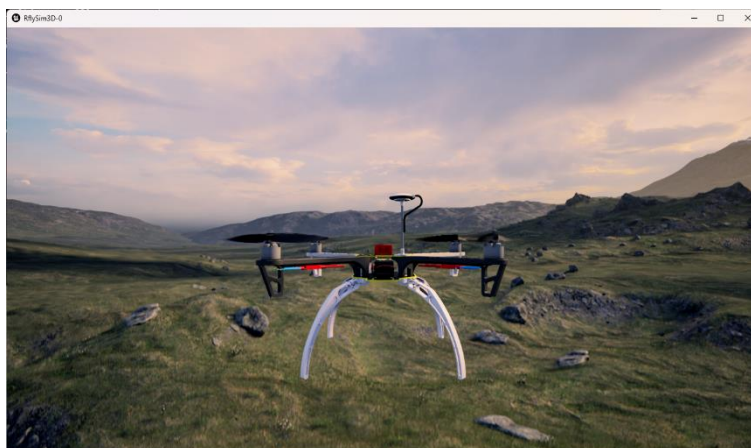


双击打开"*\桌面\RflyTools\HITLRun.lnk"或"*\PX4PSP\RflySimAPIs\HITLRun.bat"文件，在弹出的 CMD 对话框中输入插入的飞控 Com 端口号，即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、QGroundControl 软件，等待 CopterSim 的状态框中显示：PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished。即可在 QGroundControl 中设置飞机起飞等操作。

遥控器的设置如下图，通过控制不同的通道即可在 RflySim3D 中观察到无人机的飞行姿态，完成硬件在环仿真。**注：具体设置请见本平台的[遥控器配置手册](#)。**



通过 CH5 解锁之后，在 RflySim3D 中即可看到飞机正常起飞，通过 Step 4 中 CH1~CH4 调整飞机姿态和定高。



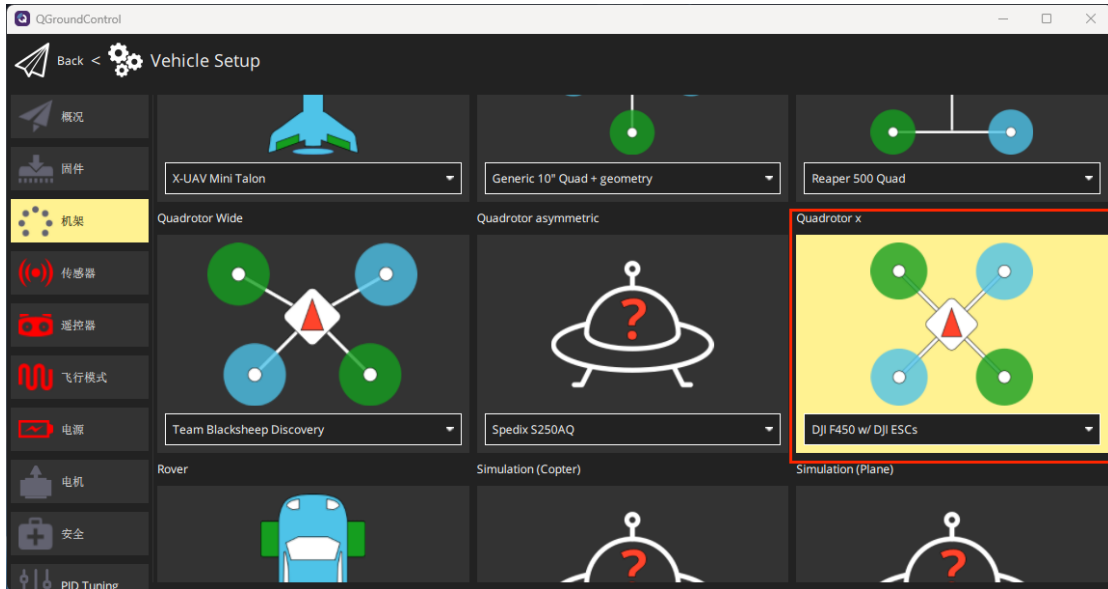
5.3. 官方固件实飞实验

请扫码或点击下方二维码，将本例程文件夹下：[HIL_FLY\px4_fm-v6x_default1132.px4](#) (飞控固件)上传至飞控中。

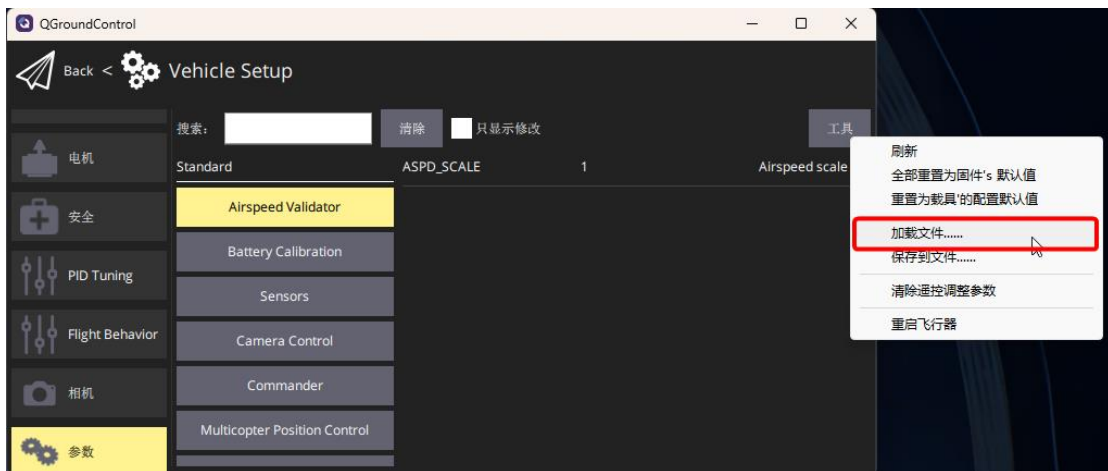


将飞机通过 USB 与电脑进行连接，打开 QGC 软件，设置机架为：DJI F450 w/DJI ESC

s;

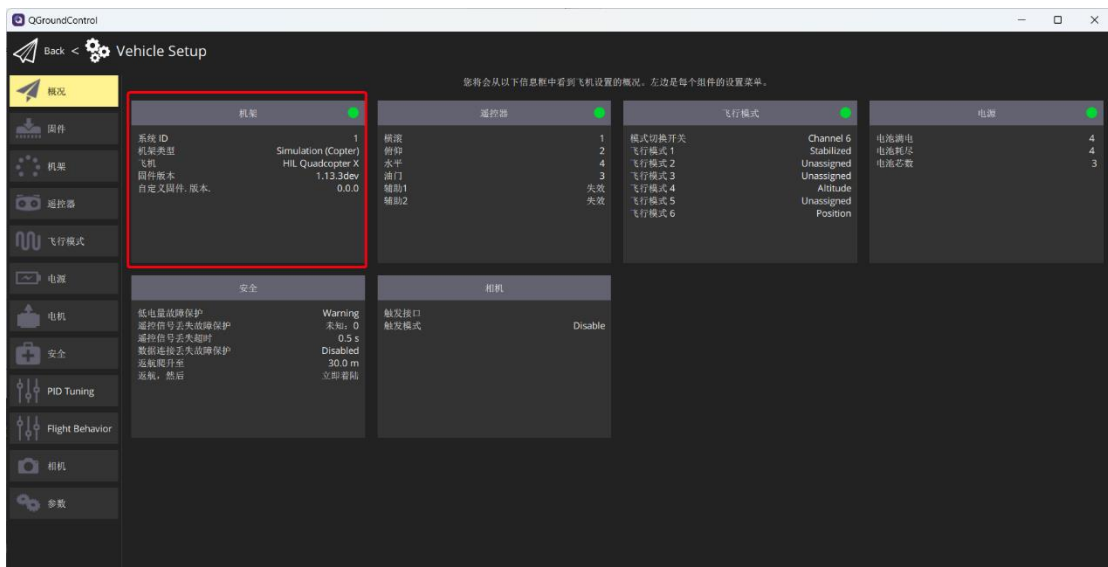


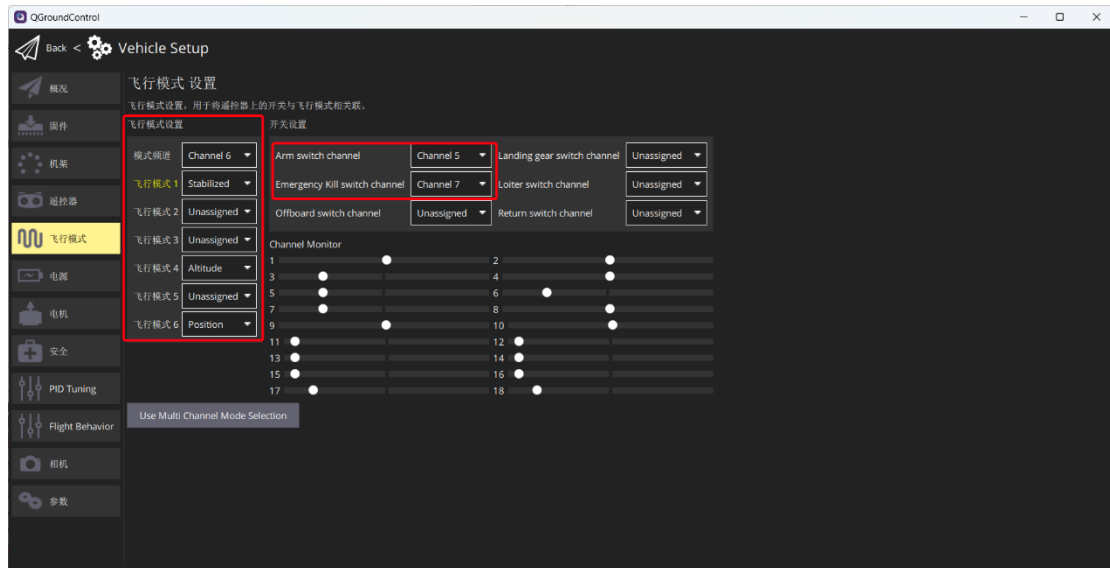
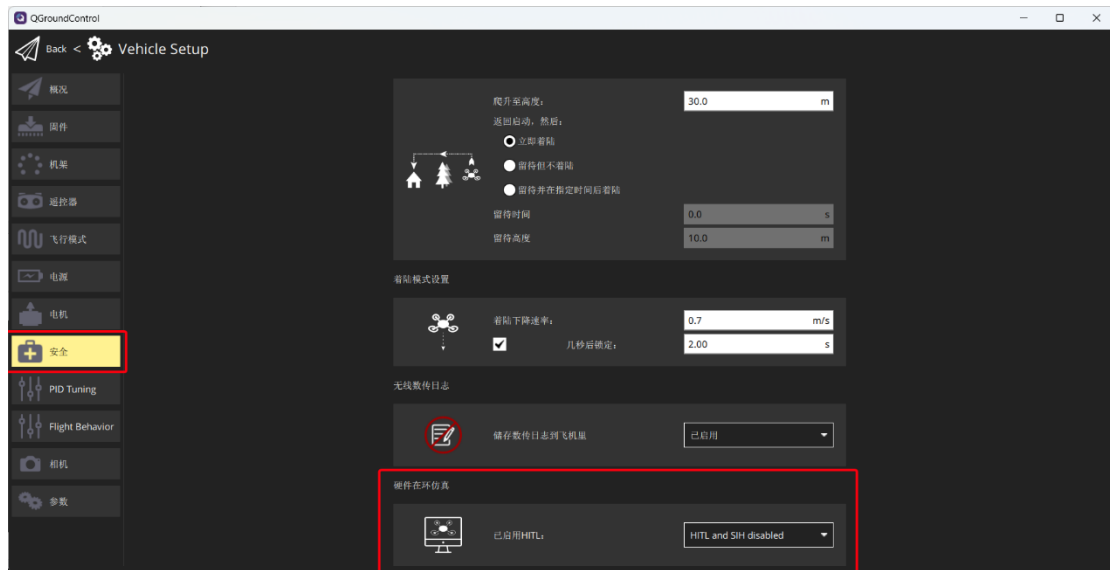
选择加载本例程文件夹下的参数文件：[X450.params](#) 文件。



加载成功后，断开飞机，再次进行连接飞机确保所有设置均已完成。

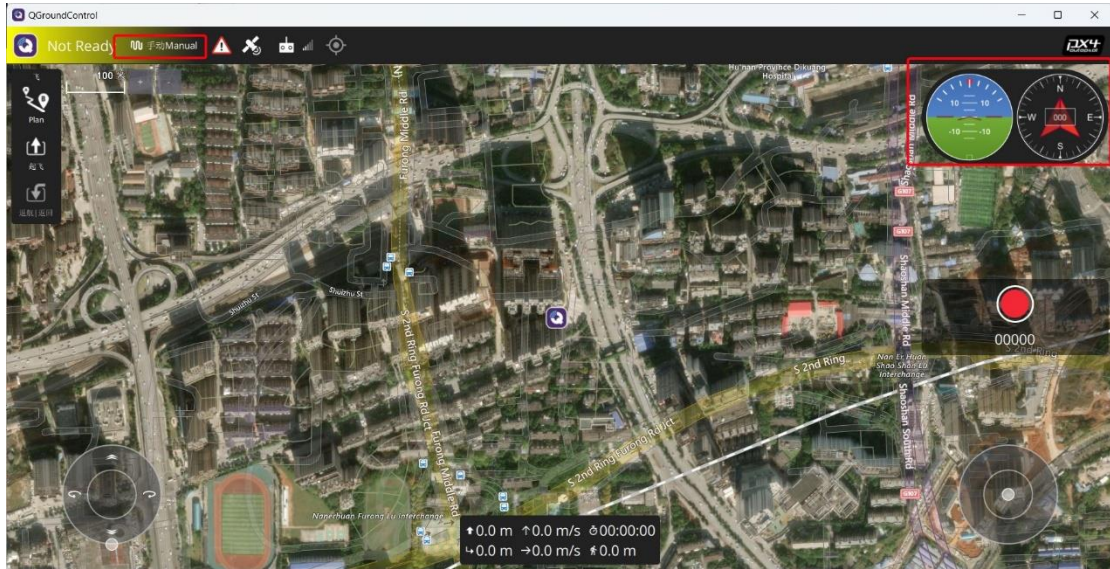
打开 QGC 地面站在其中进行如下设置：





注：该飞行模式中的各通道设置须于遥控器中所设置的通道对映。

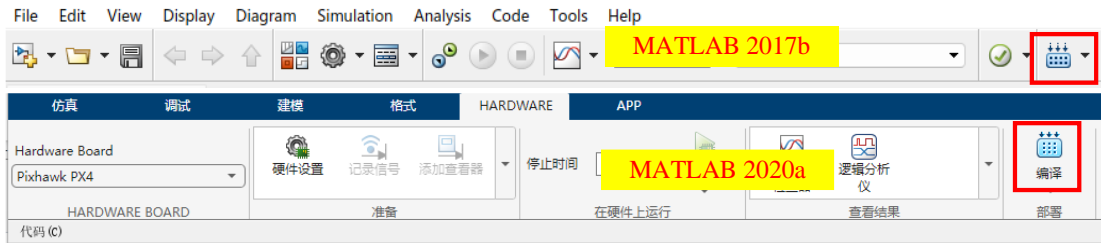
手动摆动飞机，查看 QGC 右上角仪表盘的显示情况，并确认飞机状态切换到手动 Manual 模式下。



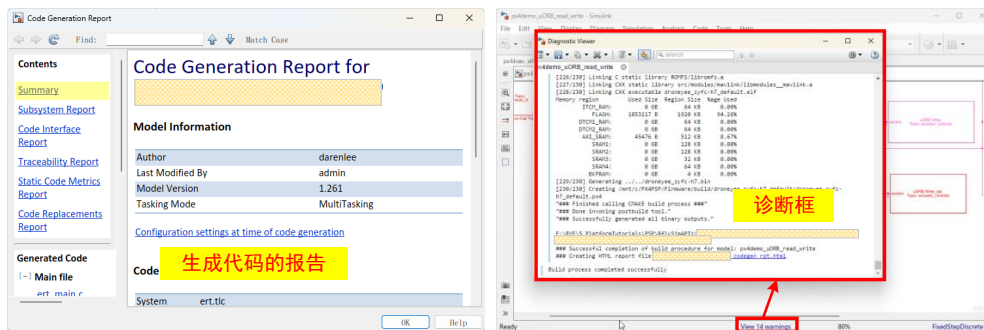
请在指定飞场进行无人机实飞，若正常起飞，说明无人机状态良好；若未正常起飞，请检查传感器校准、参数设置等，具体请联系飞机生产厂家进行解决。**请务必保证飞机状态良好的情况下，再进行下一步操作。**

5.4. 实飞实验

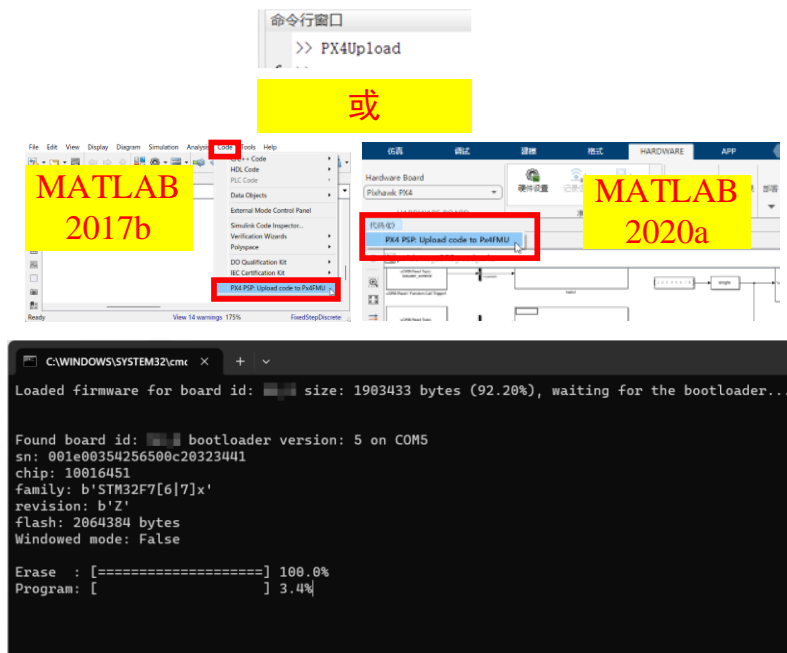
打开 [HIL_FLYHovering Control FLY CFO.slx](#) 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



在 Simulink 的下方点击 View diagnostics 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 Build process completed successfully，即可表示编译成功，左侧为生成的编译报告。

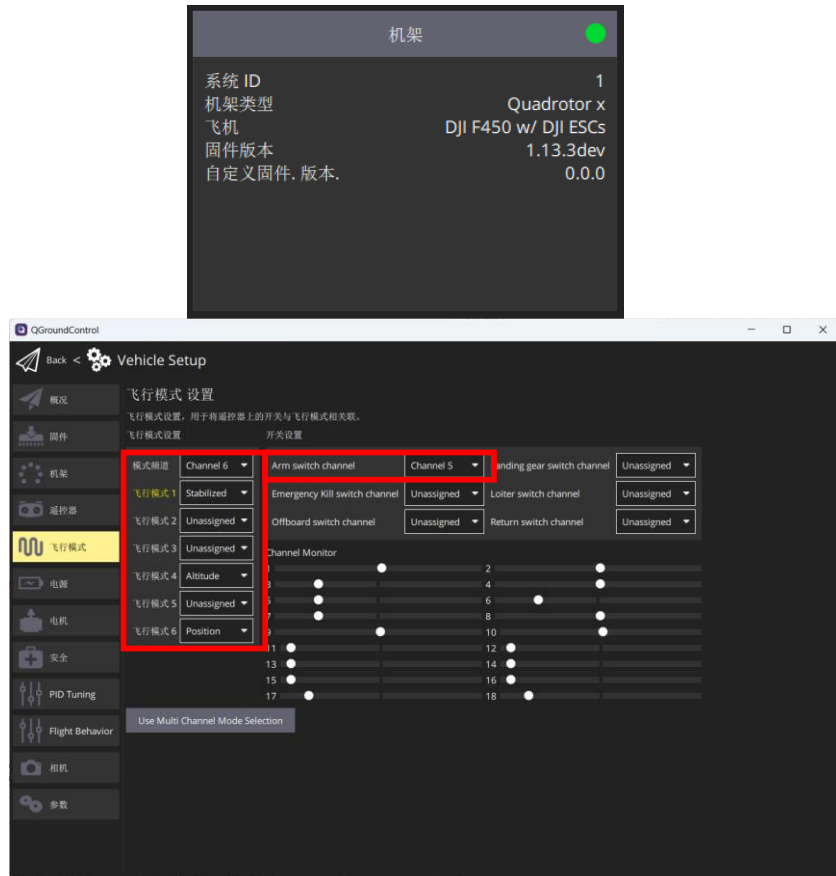


用 USB 数据线链接飞控(或飞机)与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4Upload 并运行，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞机中，等待上传成功。



打开 QGroundControl 软件，等待飞机连接成功。确认无人机机架类型选择如下图，并设置遥控器通道如下，其中 CH5 为解锁。





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。具体设置请见本平台的[遥控器配置手册](#)。



为确保安全，可在飞机上系上安全绳，并将安全绳的另一端固定在重物上。飞行时人在安全半径以外，在定高模式下，让油门在中位附近，即可实现定高。



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: ***