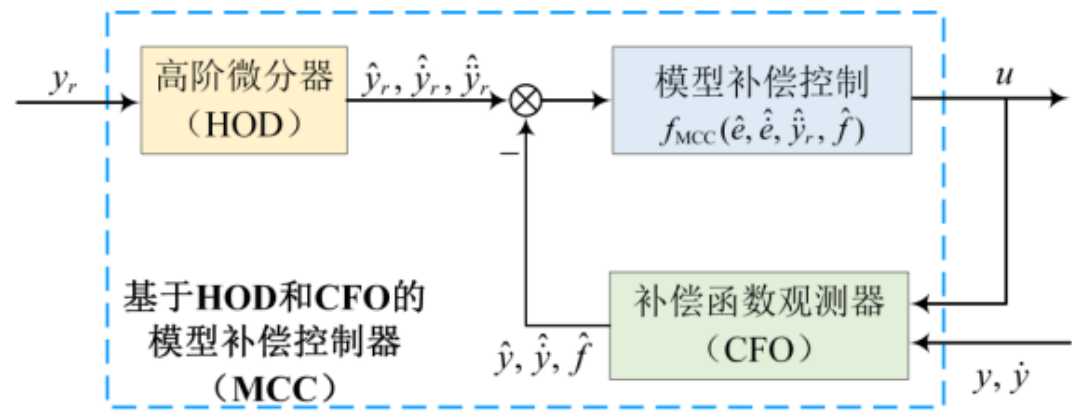


## 1. 实验名称及目的

**MCC 定点控制器设计实验：**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点作为控制目标，进行设计 MCC 控制器设计实验包含有控制器搭建->SITL->HITL->实飞。

## 2. 实验原理

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](#)

## 3. 实验效果

实现四旋翼定点控制。

## 4. 文件目录

文件夹/文件名称		说明
Sim	Hovering_Control_Sim_CFO.slx	MCC 定点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 定点控制器 HITL 仿真和实飞模型文件
	Init_control_CFO.m	控制器参数文件
	px4_fm-v6c_default1133.px4	Pixhawk 6C 官方 1.13.3 版本固件

## 5. 实验环境

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 平台集合版	Pixhawk 6C 飞控 <sup>②</sup>	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 <sup>③</sup>	1
		遥控器接收器	1
		数据线、杜邦线等	若干
		SD 卡及读卡器	1

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com/1.1InstallMethod.html>

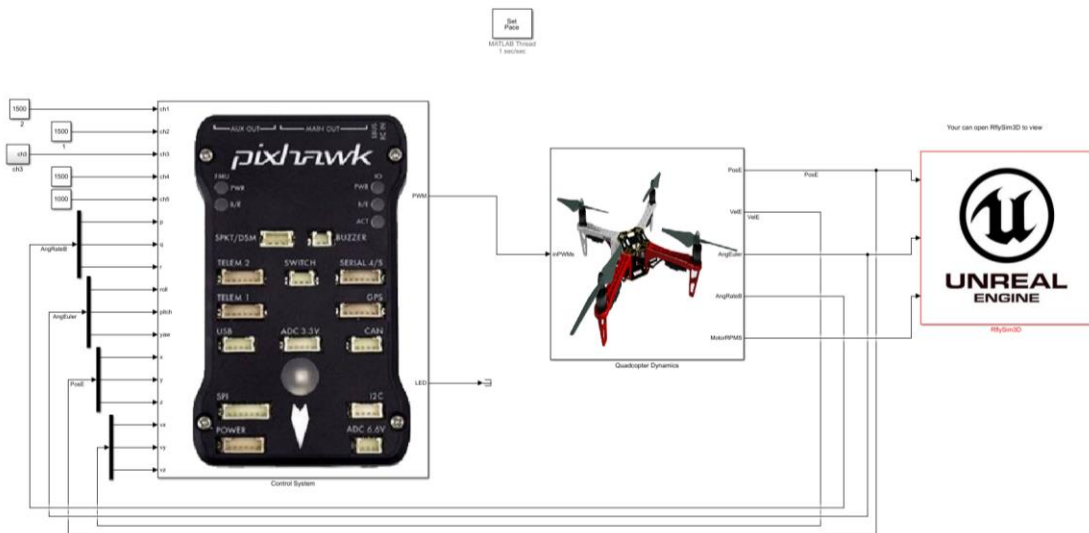
②：须保证平台安装时的编译命令为：px4\_fmuv6c\_default，固件版本为：1.13.3。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

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-RF209 S。遥控器相关配置见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

## 6. Sim 实验步骤

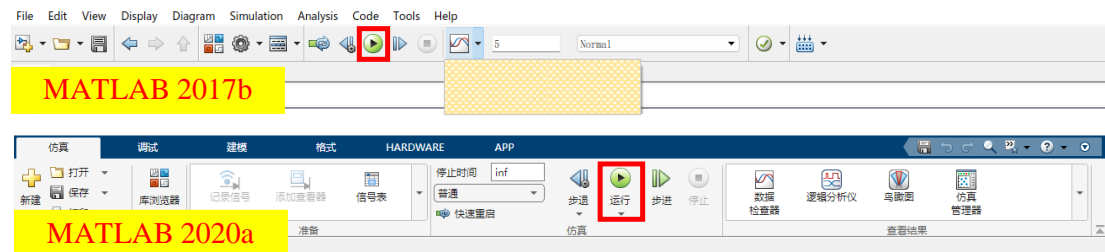
### Step 1:

在 MATLAB 中打开 [Sim\PosInit\\_control\\_CFO.m](#) 文件并运行，等待运行完成之后，打开 [Sim\PosControl\\_Sim.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  $0.001 \times 5000 = 5\text{s}$ （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。



### Step 2:

打开 RflySim3D，运行 Simulink 中的运行按钮



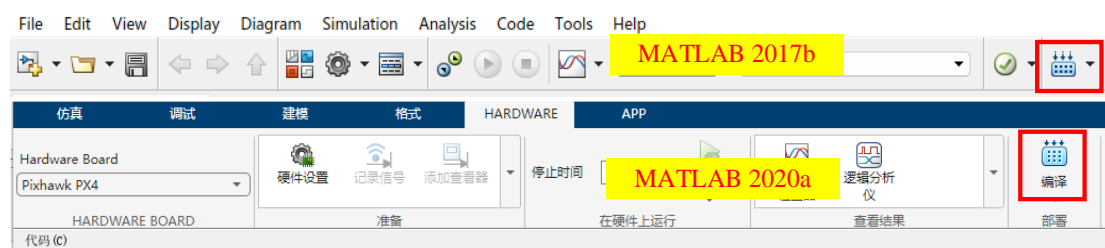
即可在 RflySim3D 中看到飞机正常起飞并定点：



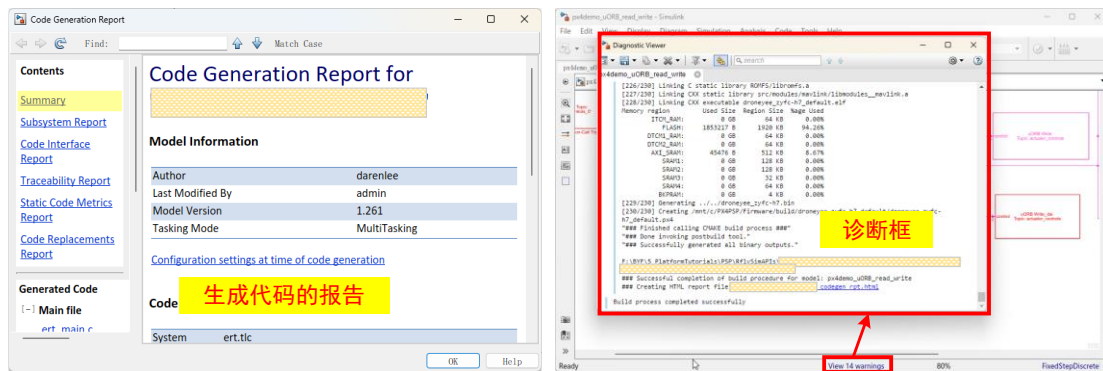
## 7. HITL 实验步骤

### Step 1:

在 MATLAB 中打开 [HIL&FLY\PosInit\\_control\\_CFO.m](#) 文件并运行，等待运行完成之后，打开 [HIL&FLY\Pos\\_DL\\_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。



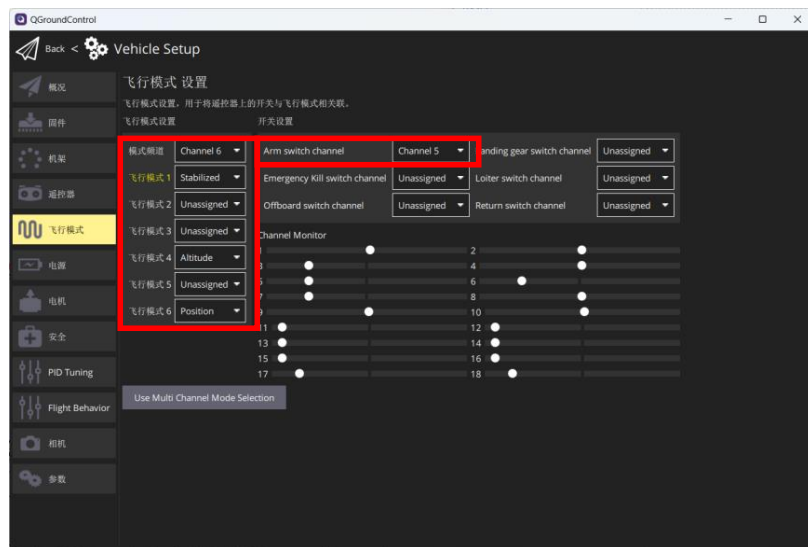
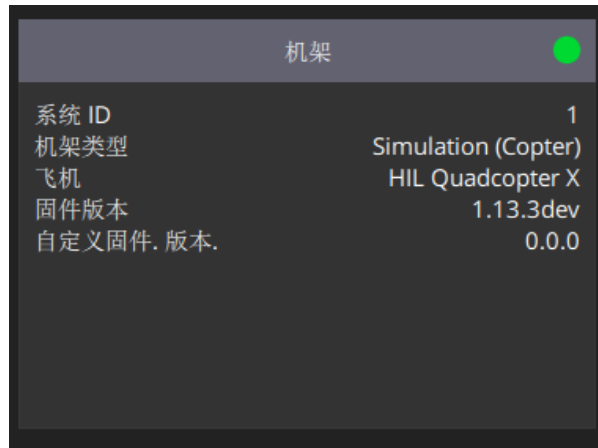
## Step 2:

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。



## Step 3:

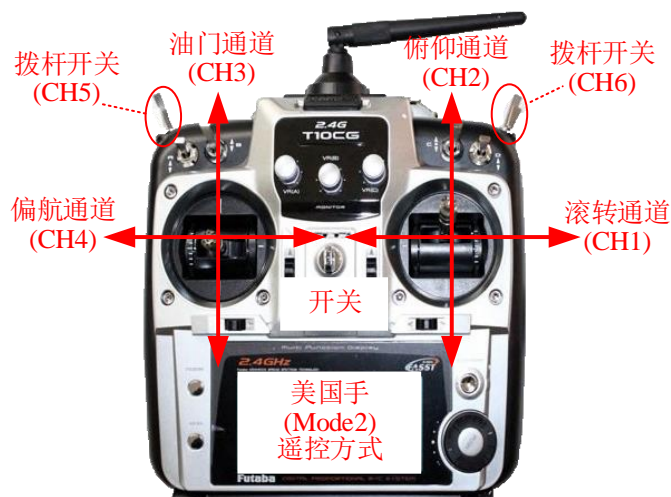
上传成功后，打开 QGroundControl 软件，确认为如下设置：



## Step 4:

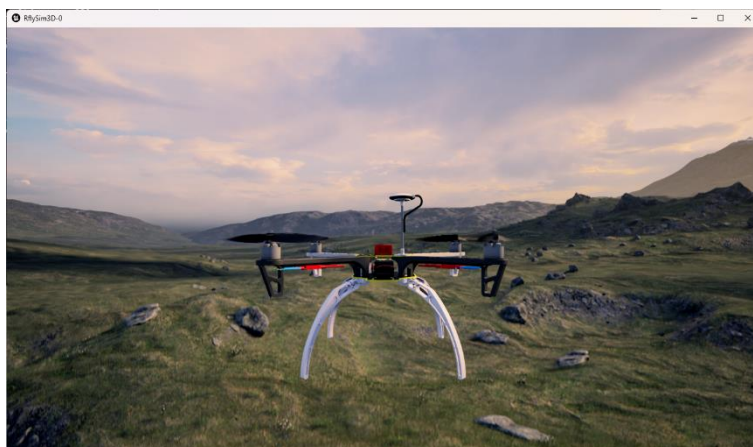
双击打开"\*\\桌面\\RflyTools\\HITLRun.lnk"或"\*\\PX4PSP\\RflySimAPIs\\HITLRun.bat"文件，在弹出的 CMD 对话框中输入插入的飞控 Com 端口号，即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、QGroundControl 软件，等待 CopterSim 的状态框中显示：PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished。即可在 QGroundControl 中设置飞机起飞等操作。

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](#)。**



## Step 5:

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 调整飞机进行定点。



## 8. 官方固件实飞实验步骤

官方固件实飞实验运行环境			
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 平台免费版及以上版本	飞思 X450 飞机 <sup>②</sup>	1
	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 <sup>③</sup>	1
		数据线、杜邦线等	若干

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

②：本实验中所使用的飞机为飞思 X450 飞机的模型设计版，该飞机所搭载的飞控为 Pixhawk 6C mini，须保证平台安装时的编译命令为：px4\_fmu-v6c\_default，固件版本为：1.13.3。其他配套飞控请见：<http://doc.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：[..\e11\\_RC-Config\Readme.pdf](..\e11_RC-Config\Readme.pdf)

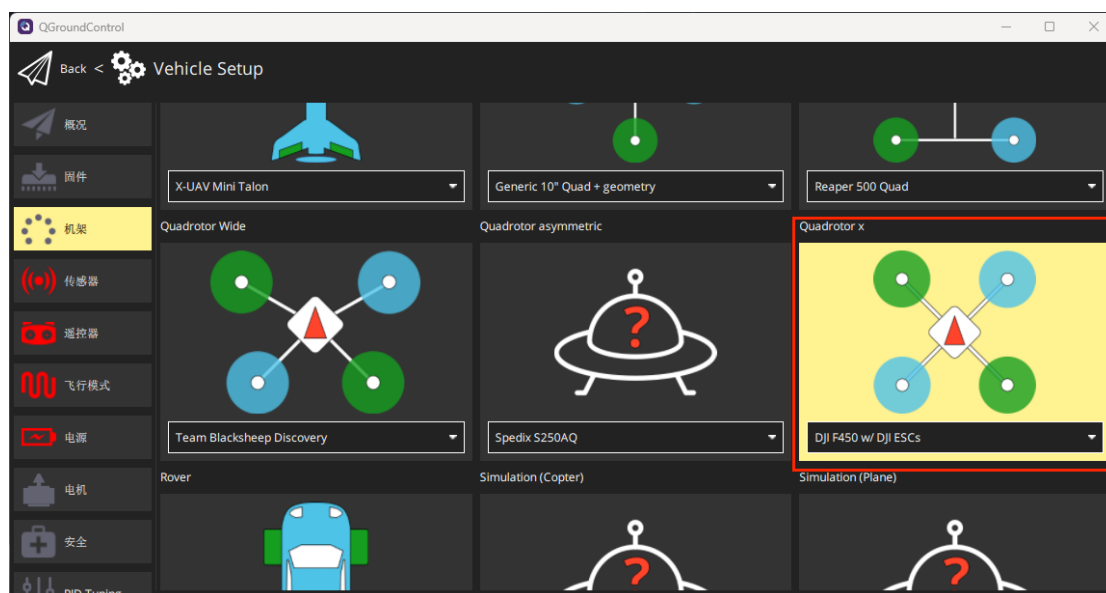
## Step 1:

请扫码或点击下方二维码，将本例程文件夹下：[HIL&FLY\px4\\_fmu-v6c\\_default1133.px4](#) (飞控固件)上传至飞控中。



## Step 2:

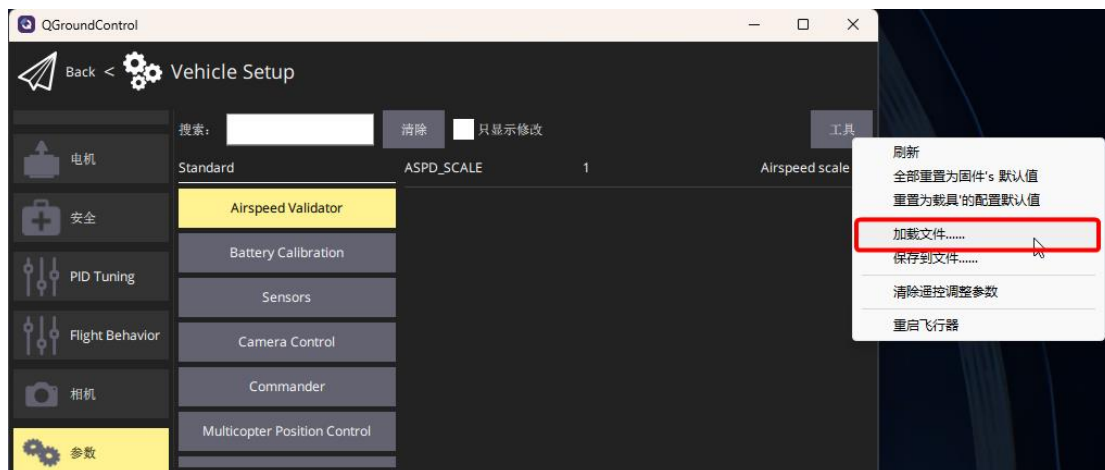
将飞机通过 USB 与电脑进行连接，打开 QGC 软件，设置机架为：DJI F450 w/ DJI ESC S;



## Step 3:

选择加载本例程文件夹下的参数文件：[X450.params](#) 文件。

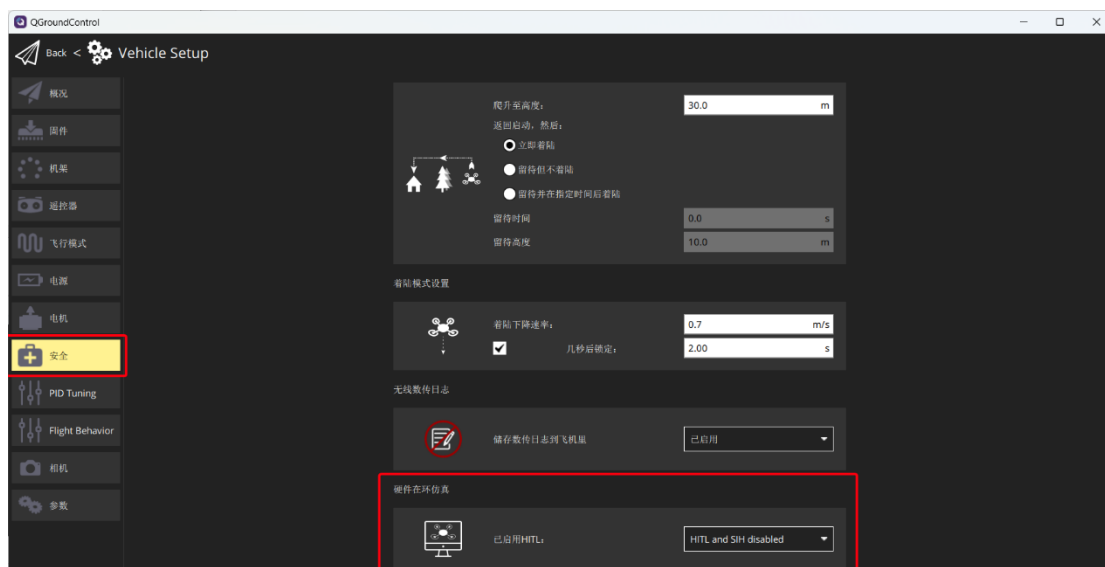
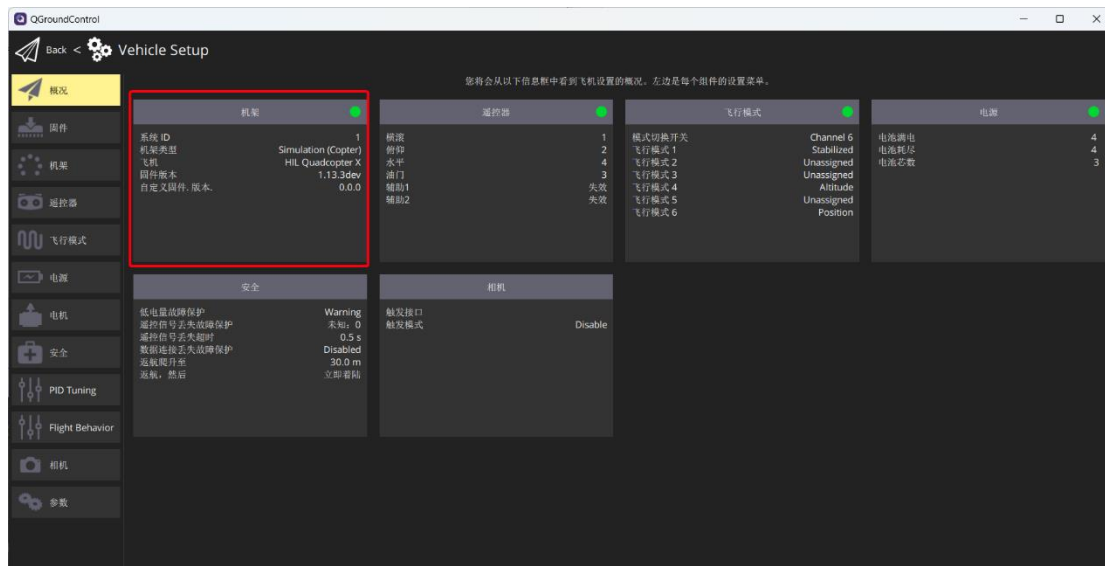




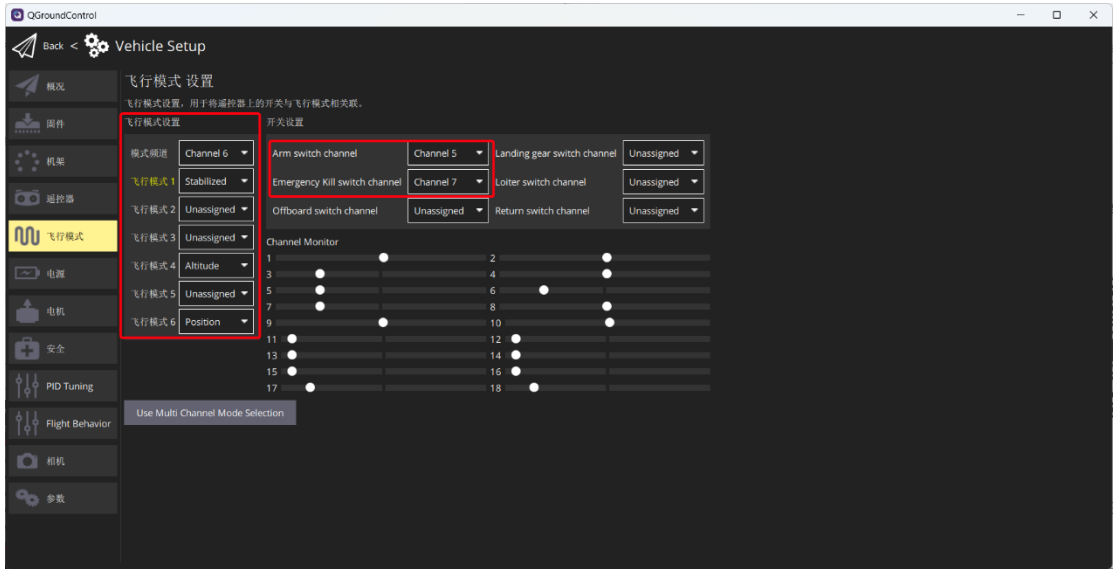
加载成功后，断开飞机，再次进行连接飞机确保所有设置均已完成。

## Step 4:

打开 QGC 地面站在其中进行如下设置：



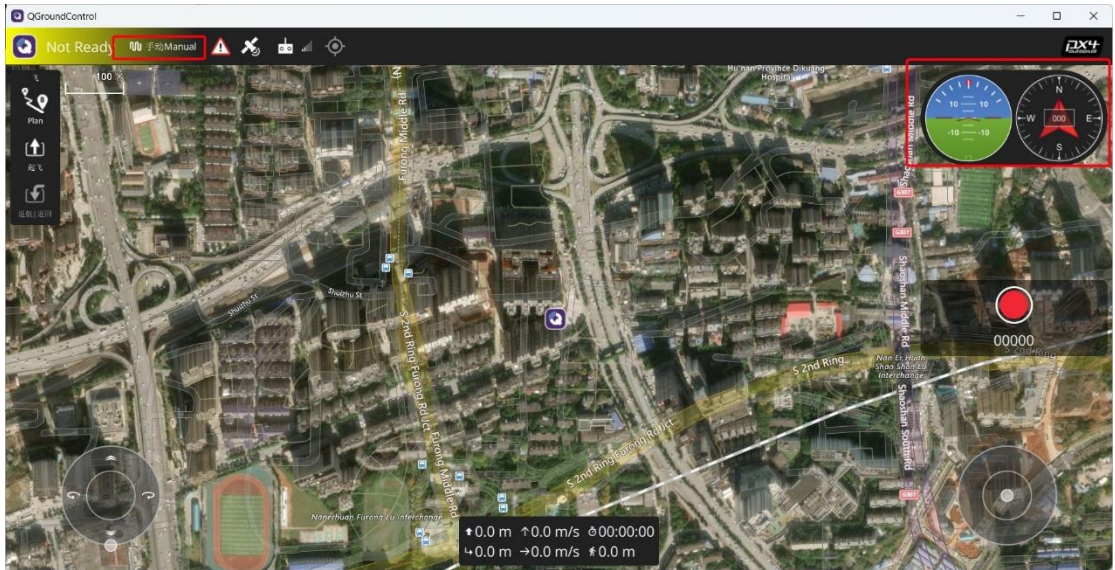




注：该飞行模式中的各通道设置须于遥控器中所设置的通道对映。

### Step 5:

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。



### Step 6:

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。**

## 9. 实飞实验步骤

官方固件实飞实验运行环境		
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 平台集合版及以上版本	飞思 X450 飞机 <sup>②</sup>	1
	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 <sup>③</sup>	1
		数据线、杜邦线等	若干

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

②：本实验中所使用的飞机为飞思 X450 飞机的模型设计版，该飞机所搭载的飞控为 Pixhawk 6C mini，须保证平台安装时的编译命令为：px4\_fmu-v6c\_default，固件版本为：1.13.3。其他配套飞控请见：<http://doc.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：[..e11\\_RC-Config/Readme.pdf](http://e11_RC-Config/Readme.pdf)

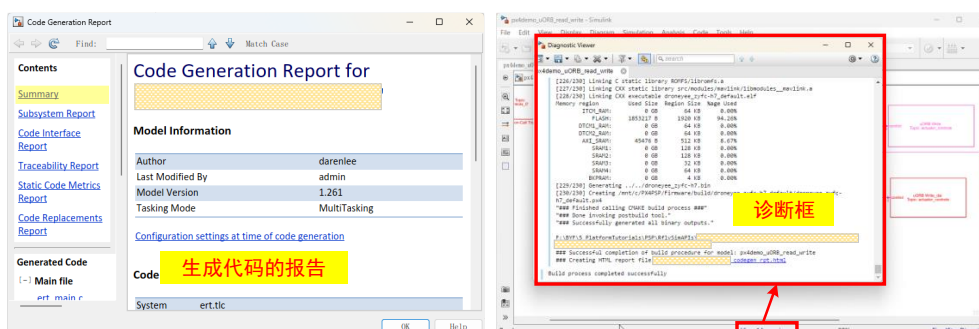
## Step 1:

打开 [HIL&FLY\Pos\\_DL\\_Control\\_FLY\\_CFO.slx](#) 文件，在 Simulink 中，点击编译命令。



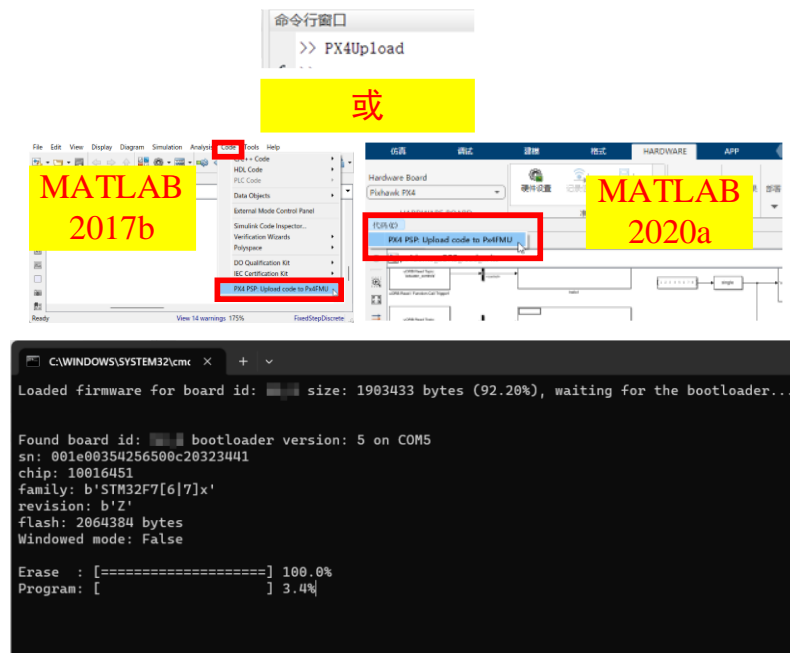
## Step 2:

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。



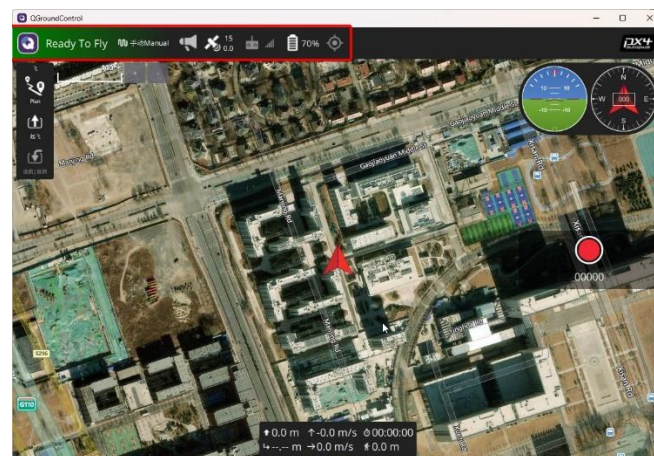
## Step 3:

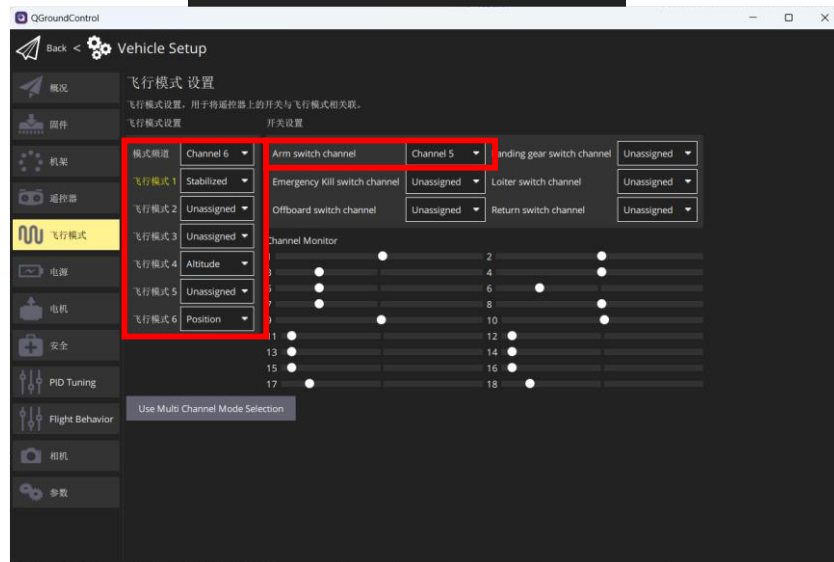
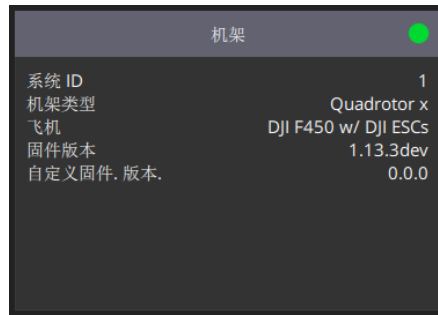
用 USB 数据线链接飞控(或飞机)与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4Upload 并运行，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞机中，等待上传成功。



## Step 4:

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。





## Step 5:

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](#)。



## Step 6:

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，在定点模式下，让油门在中位附近，即可实现定点。



## 10.参考文献

- [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.

## 11.常见问题

Q1: 无

A1: 无