

1. 实验名称及目的

ADRC 姿态控制器设计实验：把系统的模型作用当做系统的内扰，那么它连同系统的外扰一起，均可作为对系统的扰动。这个补偿分量并不区分内扰和外扰，直接检测并补偿他们的总和作用——对系统的总扰动。由于这个分量的补偿作用，被控对象实际上被化成积分器串联型而易于构造出理想的控制器，这个补偿分量的补偿作用实质上是一种抗扰作用。因此我们将此控制器称为“自抗扰控制器”（ADRC）。本实验将对四旋翼的姿态作为控制目标，进行设计 ADRC 控制器设计实验包含有控制器搭建->SITL->HITL->实飞。

2. 实验原理

ADRC 可以说是 PID 的升级版，保留了 PID 的优点，改良了 PID 的缺点，其结构和 PID 一样，ADRC 可以被看作三个作用效果的结合，分别是 TD（跟踪微分器）、ESO（扩张状态观测器）、NLSEF（非线性控制律）。TD 是为了防止目标值突变而安排的过渡过程；ADRC 的灵魂就在于 ESO。

3. 实验效果

实现四旋翼姿态控制。

4. 文件目录

文件夹/文件名称		说明
Sim	AttitudeControl_ADRC_Sim.slx	ADRC 姿态控制器数字联调模型文件
	Init_control_adrc.m	控制器参数文件
	icon	图片等其他文件。
HIL	icon	图片等其他文件。
	AttitudeControl_ADRC_HIL.slx	ADRC 姿态控制器 HITL 仿真模型文件
	Init_control.m	控制器参数文件
	px4_simulink_app_params.c	QGC 参数写入文件
FLY	icon	图片等其他文件。
	AttitudeControl_ADRC_FLY.slx	ADRC 姿态控制器实飞模型文件
	Init_control.m	控制器参数文件
	px4_simulink_app_params.c	QGC 参数写入文件
	px4_fmuv6c_default1133.px4	Pixhawk 6C 官方 1.13.3 版本固件
第 09 讲_实验五_姿态控制器设计实验-ADRC.pdf		本实验配套课件

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 ^①	1

2	RflySim 平台集合版	Pixhawk 6C 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	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>

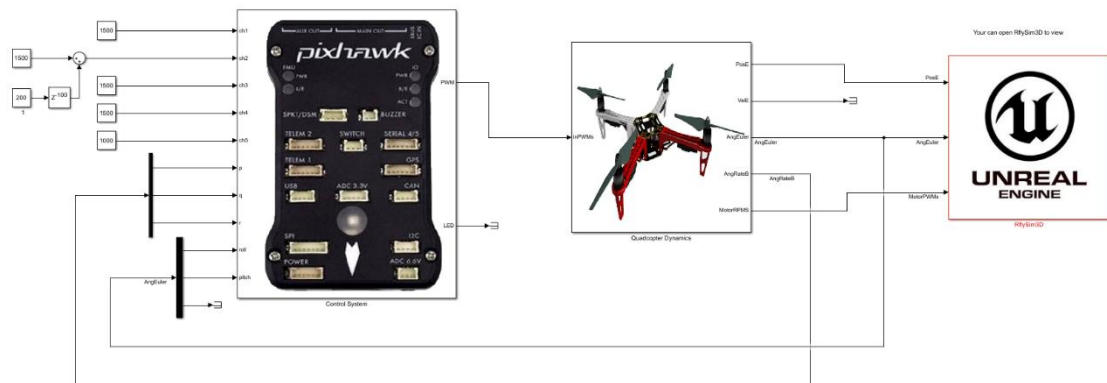
②：须保证平台安装时的编译命令为：px4_fmuv6c_default，固件版本为：1.13.3。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

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

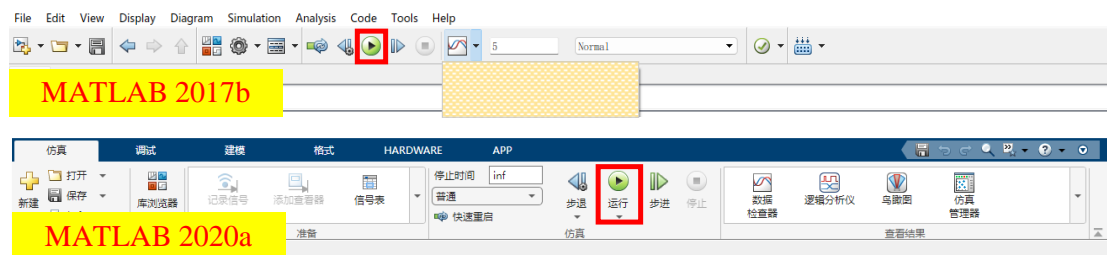
Step 1:

在 MATLAB 中打开 init_control_adrc.m 文件并运行，等待运行完成之后，打开 Attitude Control_ADRC_Sim.slx 文件，该文件中输入中 CH1、CH3、CH4 均为 1500，CH5 为 1000，CH2 中设置为在 $0.004 \times 100 = 0.4s$ （0.004 为仿真步长）之后，输入由 1500 变化为 1700。

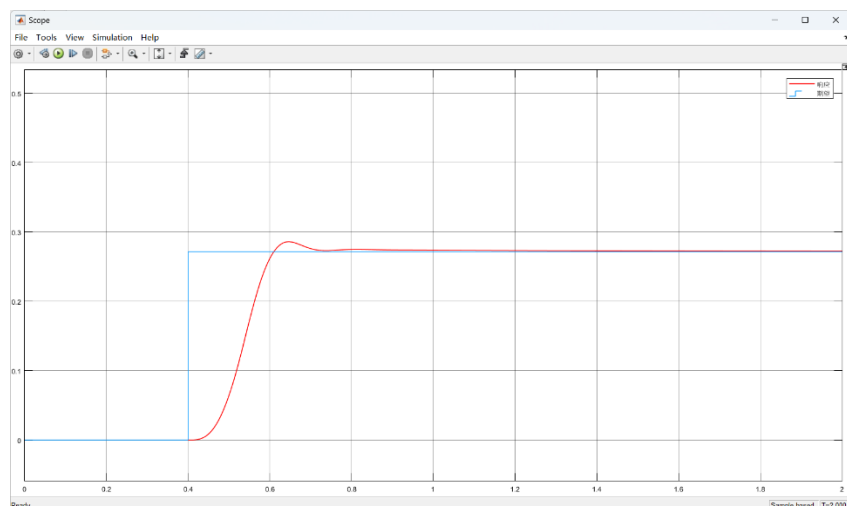


Step 2:

运行 Simulink 中的运行按钮



即可在 Simulink 中弹出俯仰通道的指令与响应曲线图如下：



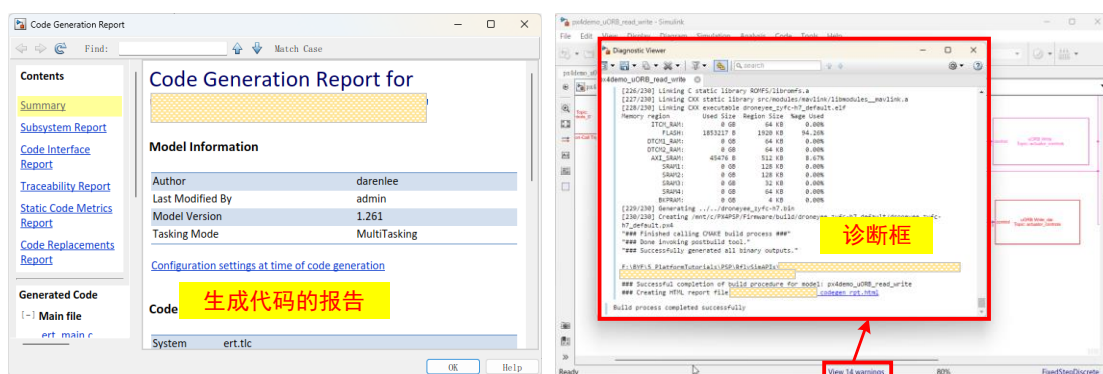
7. HITL 实验步骤

Step 1:

在 MATLAB 中打开 `init_control.m` 文件并运行，等待运行完成之后，打开 `AttitudeControl_ADRC_HIL.slx` 文件，点击 Simulink 中的编译按钮。

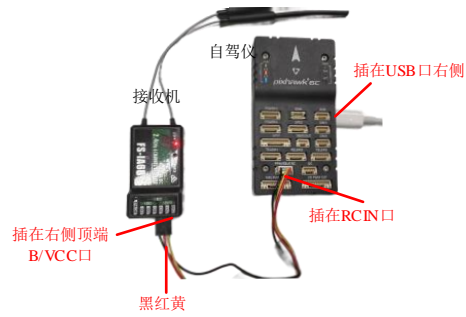


在 Simulink 的下方点击 `View diagnostics` 指令，即可弹出诊断对话框，可查看编译过程。在诊断框中弹出 `Build process completed successfully`，即可表示编译成功，左图为生成的编译报告。



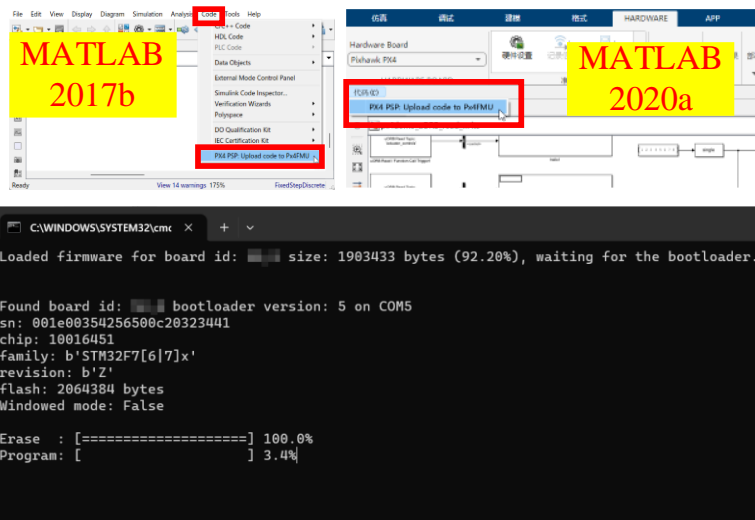
Step 2:

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。



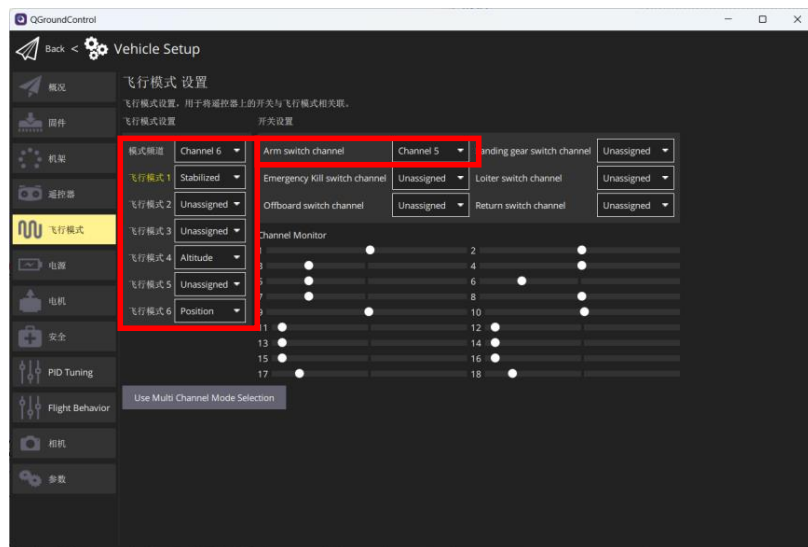
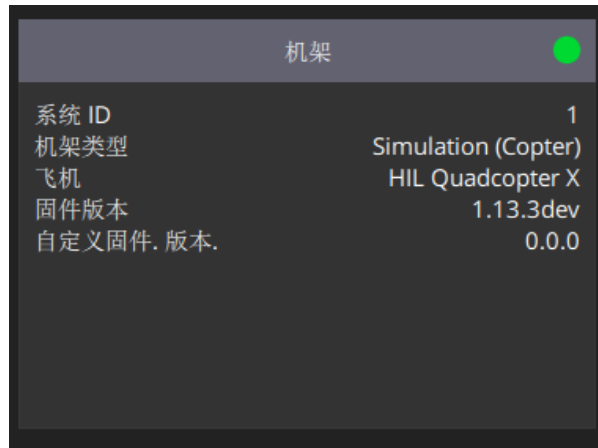
命令行窗口
>> PX4Upload

或



Step 3:

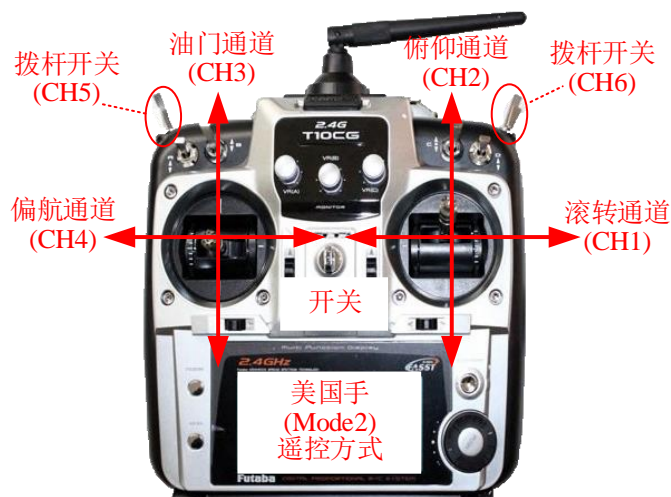
上传成功后，打开 QGroundControl 软件，确认为如下设置：



Step 4:

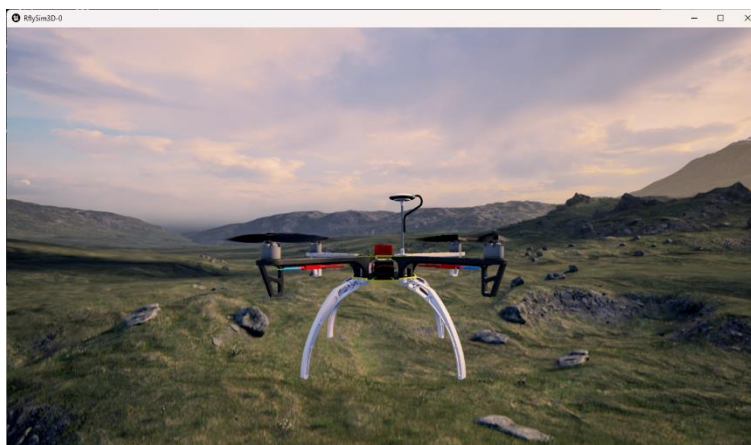
双击打开"*\\桌面\\RflyTools\\HITLRun.lnk"或"*\\PX4PSP\\RflySimAPIs\\HITLRun.bat"文件，在弹出的 CMD 对话框中输入插入的飞控 Com 端口号，即可自动启动 RflySim3D、CopterSim、QGroundControl 软件，等待 CopterSim 的状态框中显示：PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished。即可在 QGroundControl 中设置飞机起飞等操作。

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 6:

通过 CH5 解锁之后，在 RflySim3D 中即可看到飞机正常起飞，通过 Step 7 中 CH1~CH4 调整飞机姿态和高度。



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 ^①	1
2	RflySim 平台免费版及以上版本	飞思 X450 飞机 ^②	1
	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	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

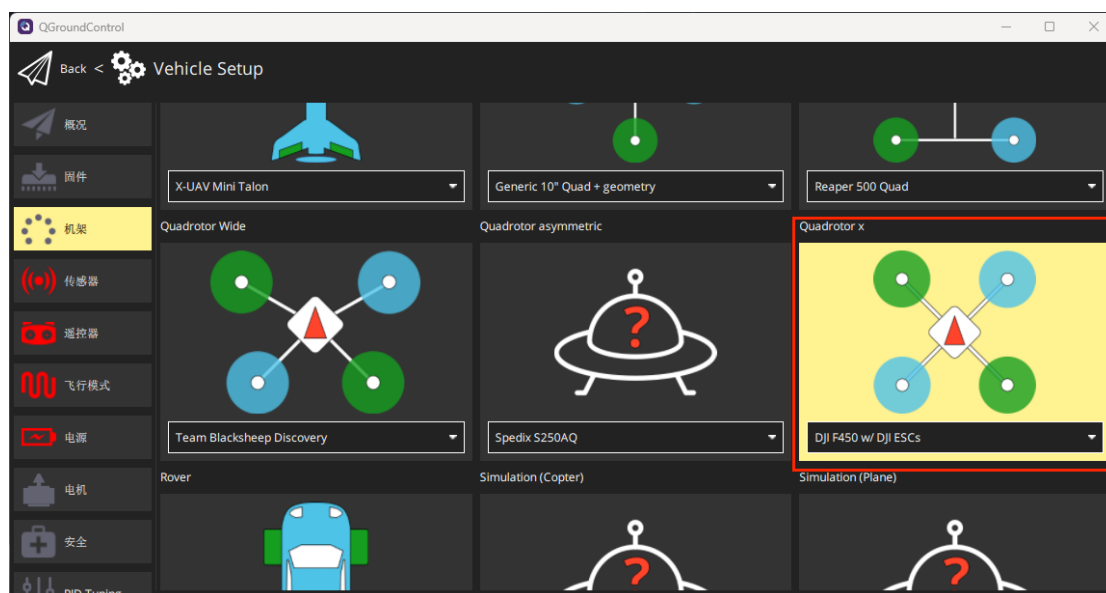
Step 1:

请扫码或点击下方二维码，将本例程文件夹下：[px4_fmu-v6c_default1133.px4](#)(飞控固件)上传至飞控中。



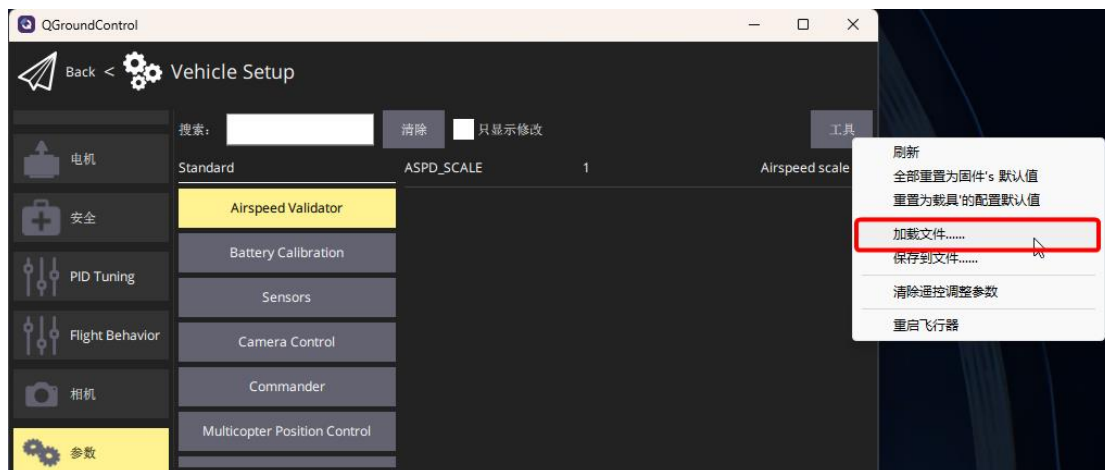
Step 2:

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:

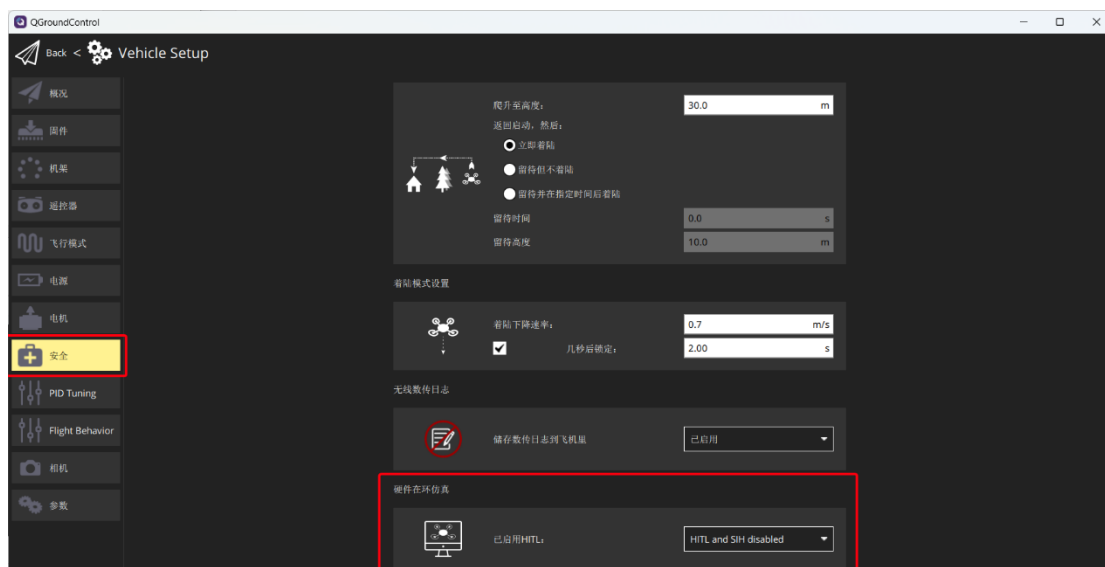
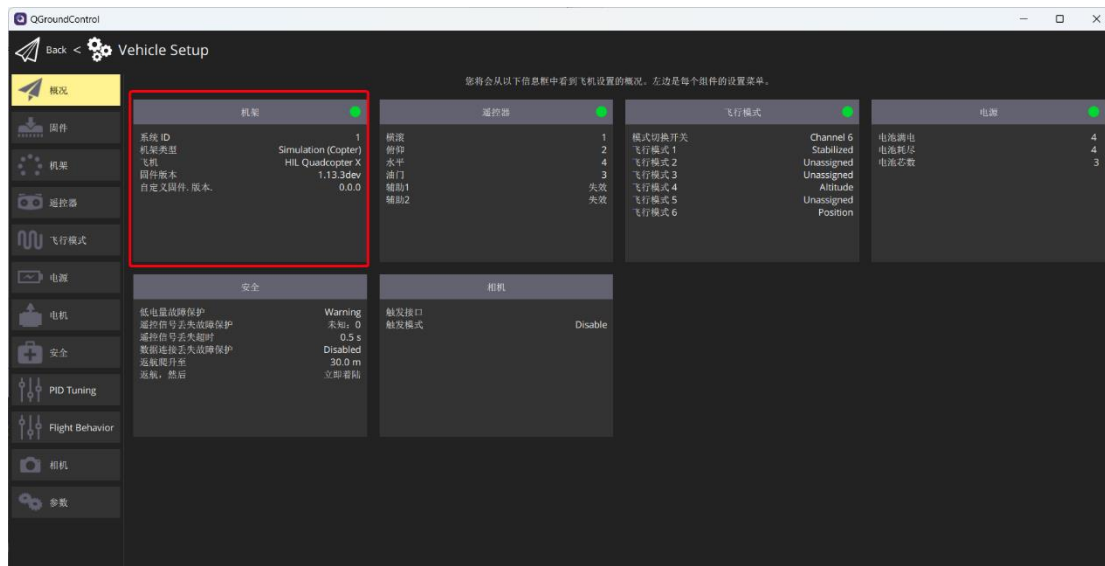
选择加载本例程文件夹下的参数文件：[X450.params](#) 文件。

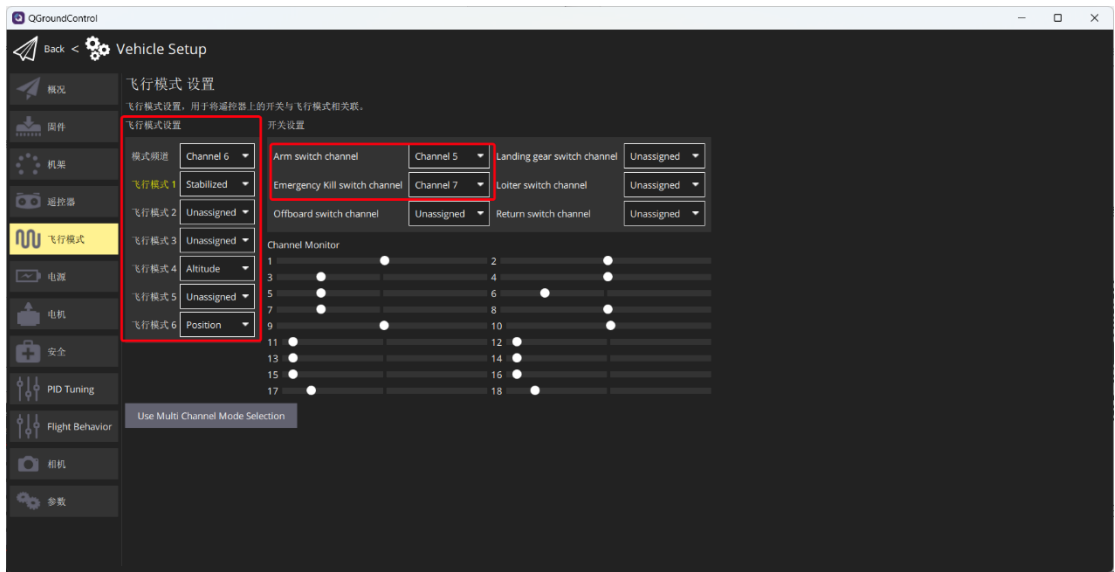


加载成功后，断开飞机，再次进行连接飞机确保所有设置均已完成。

Step 4:

打开 QGC 地面站在其中进行如下设置：

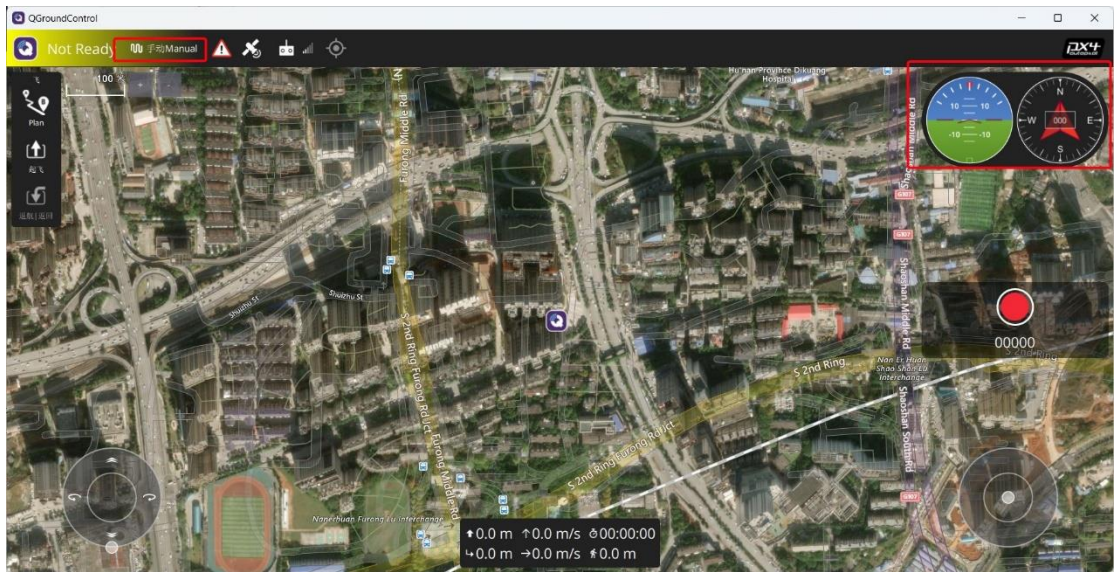




注：该飞行模式中的各通道设置须于遥控器中所设置的通道对映。

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 ^①	1
2	RflySim 平台集合版及以上版本	飞思 X450 飞机 ^②	1
	MATLAB 2017B 及以上	遥控器 ^③	1
		数据线、杜邦线等	若干

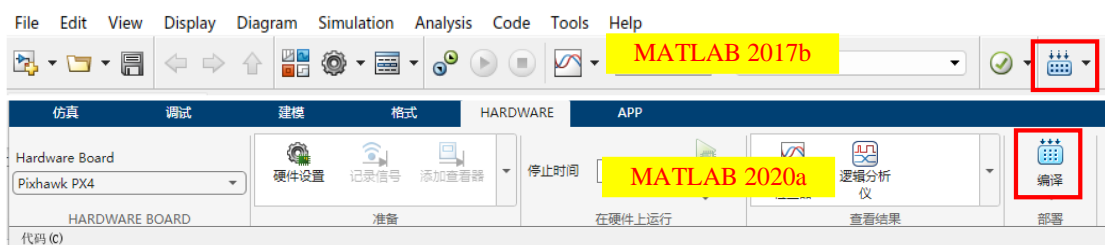
①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

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)

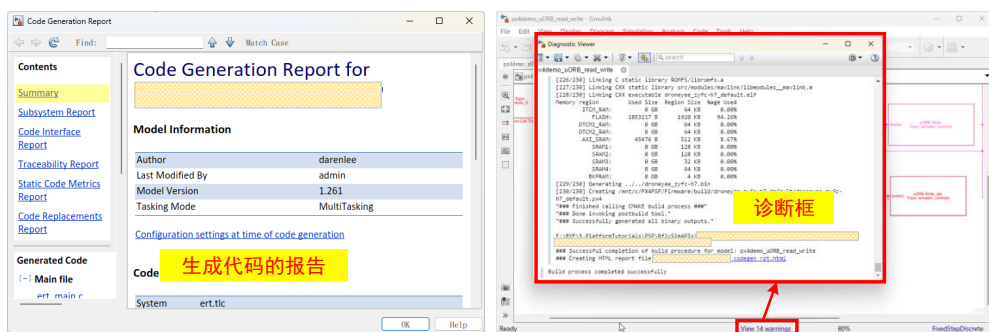
Step 1:

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



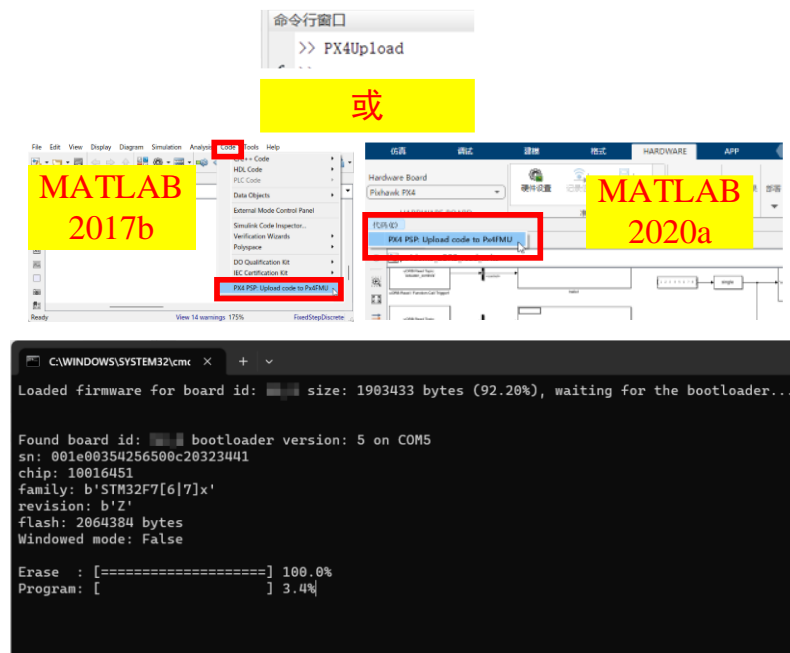
Step 2:

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:

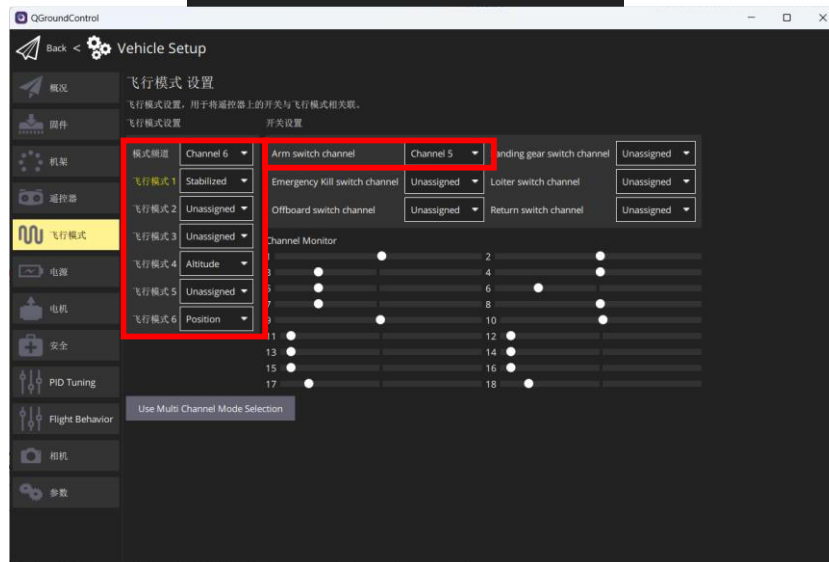
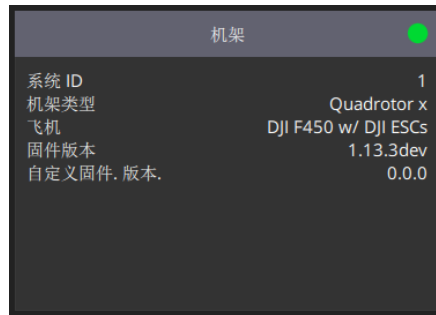
用 USB 数据线链接飞控(或飞机)与电脑。在 MATLAB 命令行窗口输入：PX4Upload 并运行，弹出 CMD 对话框，显示正在上传固件至飞机中，等待上传成功。



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，CH6 为模式切换。





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，在姿态模式下，高度可能比较难控，注意不要急推油门，让油门在中位附近，缓慢推油门。



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