

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

基于系统模板的标准垂直起降飞机模型设计及验证（DLL生成及SIL/HIL）（仅限完整版及以上版本）

1.2 实验目的

在Matlab将Simulink文件编译生成垂直起降飞机的DLL模型文件；并对生成的垂直起降飞机模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉垂直起降飞机的建模与使用。

1.3 关键知识点

本实验需要电脑中部署Visual Studio

2022环境，部署方式见：[[安装目](#)

[录](#)]\RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\e6.VisualStudioInstall

VtolHighModel.slx是基于系统模版构建的一个四旋翼型垂直起降飞机（VTOL, Vertical Take-Off and

Landing）模型。这是一种可以像直升机那样垂直起降，同时又具有像固定翼飞机那样的水平飞行能力，它需要在垂直起降模式和水平飞行模式之间平稳过渡。

VTOL系统通常会使用一个多旋翼混控器来控制多旋翼输出，并使用求和混控器(summing mixers)来控制垂直起降飞机作动器。

单一混控器与分离混控器：VTOL飞机的混控系统可以整合到一个单一混控器中，这时所有作动器都连接到IO端口或FMU端口。另一种方法是将混控器文件分开，分别为IO和AUX。如果分开，通常建议将所有多旋翼电机连接到一个端口，而所有伺服和垂直起降飞机电机连接到另一个端口。

FMU输出的使用：从PX4

v1.11开始，FMU输出仅可用于多旋翼电机。要使用FMU输出，需设置VT_MC_ON_FMU=1。这样设置后，当飞机处于垂直起降飞机飞行模式时，多旋翼电机不会被切换关闭

■ 载具的基本动力学特性

标准垂直起降飞机是固定翼与多旋翼的结合，分析其运动时可以从固定翼与多旋翼的角度出发。其六自由度运动主要分为沿机体坐标系的三个坐标轴的线性运动和绕坐标轴的转动。在实际建模过程中可以使用现成的刚体六自由度模块 ..\..\RflySimSDK\html\md_ctrl_2md_26DOF.html 根据载具运动时机体坐标系下合力和合力矩计算飞机的运动状态。

地面坐标系

$$Ox_gy_gz_g$$

是一种笛卡尔坐标系，如图所示，原点取自地面上的某一点（如飞机在地面跑道上的起飞点），

$$x_g$$

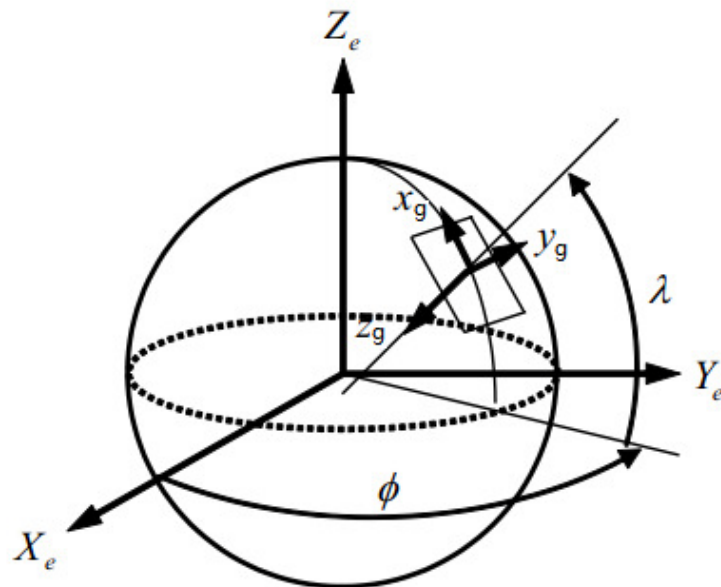
轴位于水平面内，指向某一固定方向（如飞机的航线方向），

$$z_g$$

轴垂直于地面向下指向地心，

$$y_g$$

轴则由右手定则来确定。



机体坐标系

$$Ox_by_bz_b$$

是固定在飞机本体上的一个坐标系，如图所示，其原点位于飞机的质心，

x_b

轴与飞行器纵向对称轴一致，向前为正方向。

z_b

轴在飞行器对称面

Ox_bz_b

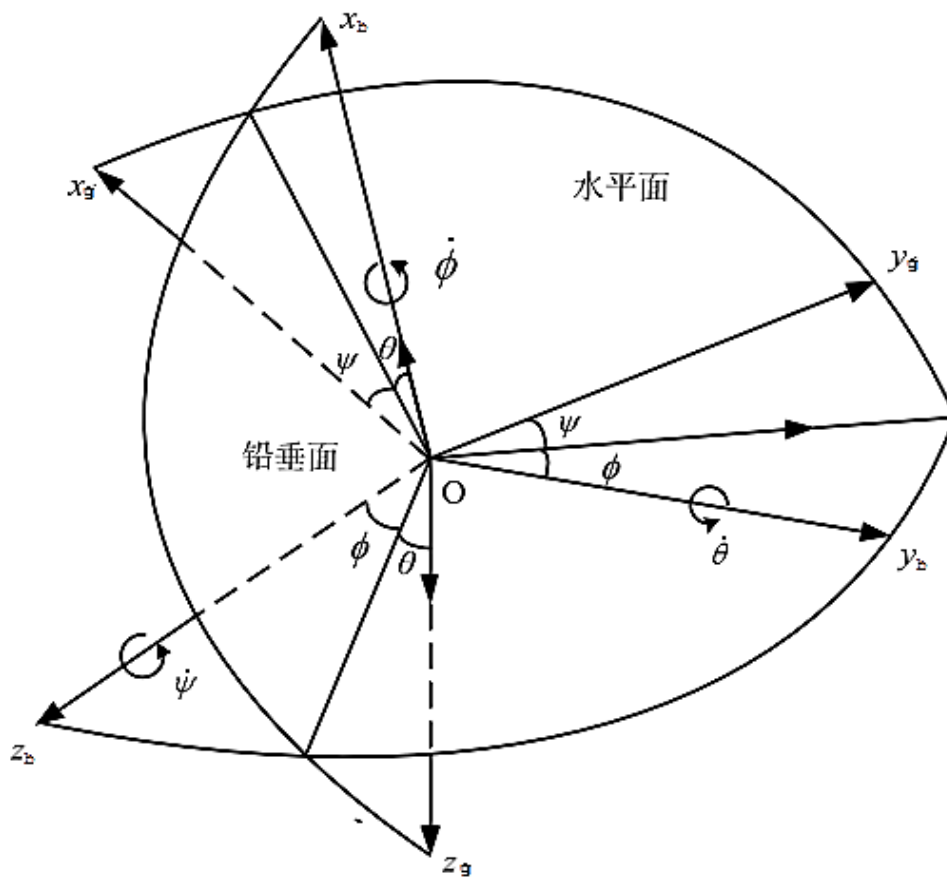
内并且垂直于纵轴，向下为正方向。

y_b

轴垂直于飞行器对称面

Ox_bz_b

，向右为正方向。机体坐标系是作用在飞机上的力和力矩的参考坐标系。



气流坐标系

$Ox_a y_a z_a$

也被称为风轴系，是飞机速度的参考坐标系。其原点位于质心，

x_a

轴指向飞机相对于气流的速度矢量方向；

z_a

轴位于飞机纵向对称平面，垂直于

x_a

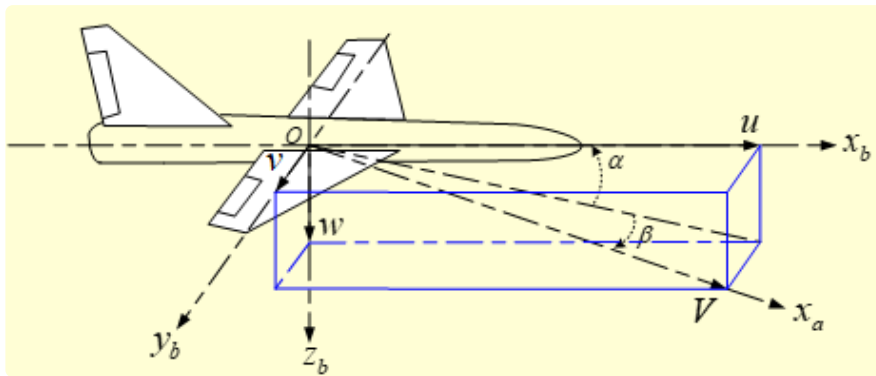
轴指向下方；

y_a

轴垂直于飞行器对称面

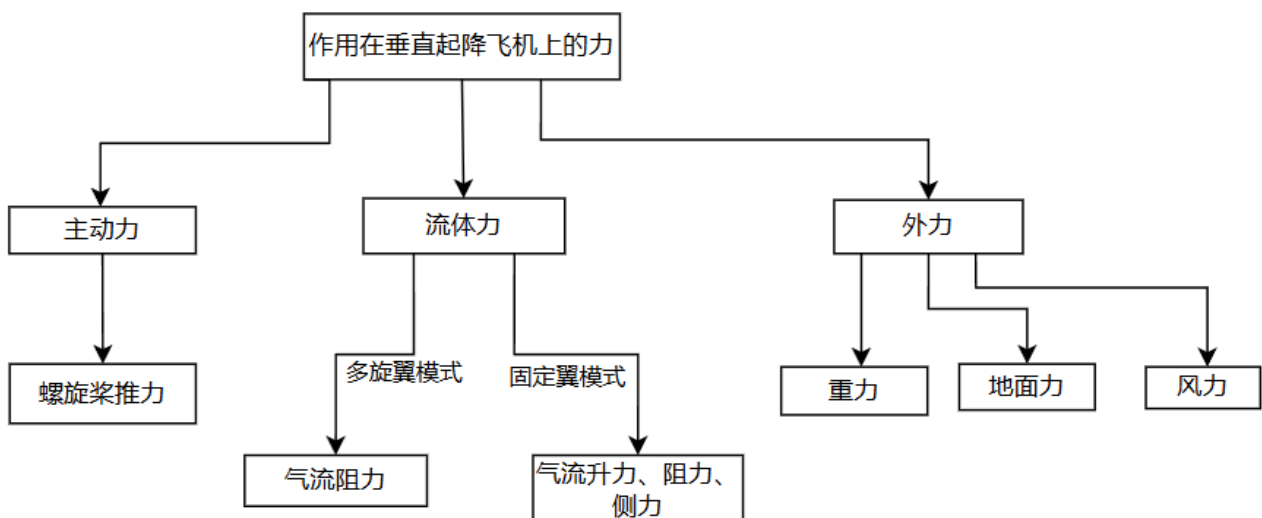
$Ox_a z_a$

平面指向右方。



力和力矩合成

综合实际的执行器响应、载具运动状态以及环境干扰计算出载具实际受到的力和力。标准垂直起降飞机，作用在其上的力和力矩根据其所处的模式有所区别，作用在其上的力有：螺旋桨推力、气动力(分为升力、阻力和侧力)、重力、风力及起飞和降落时的地面力。



运动的六自由度分解

根据机身受到的总力和力矩（机体坐标系）来计算飞机的运动状态（包括机体系下的速度与加速度、欧拉角、角速度与角加速度；地球坐标系下的速度、位置；响应的旋转矩阵）。运动的六自由度分解可根据其所处的模式参考2.AdvExps\e2_MultiModelCtrl和e3_FWingModelCtrl中的例程，固定翼模式下参考固定翼飞机的六自由度运动，多旋翼模式下参考四旋翼的六自由度运动。

载具的控制通道映射

通过混控将归一化的期望力和力矩信号映射到归一化的PWM指令，再根据PWM指令计算出实际的执行器响应。下面结合PX4的混控规则介绍控制通道如何映射到载具模型的执行器输入。

PX4机架对应的混控器

[添加一个新的机型 | PX4 自动驾驶用户指南](#)

- 详细的PX4机架文件配置参考 [\(v1.12\)](#)

PX4中针对标准垂直起降飞机的机架型号为HILStandard VTOL QuadPlane，其在\PX4PSP\Firmware\ROMFS\px4fmu_common\init.d\airframes\1002_standard_vtol.hil中定义如下：

```
.$R}etc/init.d/rc.vtol_defaults
```

```
param set-default ...
```

执行rc.vtol_defaults脚本，它包含了垂直起降飞机的默认参数设置，可以用来设置一些基本的系统参数和增益。

同时在1002_standard_vtol.hil文件中设置混控器（mixer）为standard_vtol_hitl

```
set PWM_OUT 1234
```

```
set MIXER standard_vtol_hitl
```

混控通道对应的执行器

[混控器和执行器 | PX4 自动驾驶用户指南](#)

- 详细的PX4混控文件逻辑见：[\(v1.12\)](#)
- 详细的映射过程可参考：[PX4混控器相关知识梳理-CSDN博客](#)

本例的混控文件：

```
\PX4PSP\Firmware\ROMFS\px4fmu_common\mixers\  
standard_vtol_hitl.main.mix，将推力和力矩映射到电机、舵机。
```

载具模型的整体输入输出和关键参数

输入输出

本模型输入输出与最小模板的基本相同，仅多出一个输入接口inCopterData。

- 最小模板的输入输出见：[..\..\1.BasicExps\e0_MinModelTemp\Readme.pdf](#)

inCopterData

在最小模板的基础上，多出一个输入接口inCopterData，接收其32维输入的第一位作为执行器解锁标志位。

关键参数

参数名	参数	值
三维样式	ModelParam_3DType	int16(602)
旋翼样式	ModelParam_CopterType	Int8(3)
初始位置	ModelInit_PosE	[0,0,0]
初始姿态	ModelInit_AngEuler	[0,0,0]
初始速度	ModelInit_VelB	[0,0,0]
初始角速度	ModelInit_RateB	[0,0,0]
飞机质量	ModelParam_uavMass	8.165
转动惯量	ModelParam_uavJ	[4.12,0,0;0,9.58,0; 0,0,9.85]
油门到电机稳态转速曲线斜率	ModelParam.motorCr	842.1*4
油门到电机稳态转速曲线零点	ModelParam.motorWb	0
多旋翼螺旋桨拉力系数	ModelParam_rotorCt	3.681e-05
多旋翼螺旋桨转矩系数	ModelParam_rotorCm	8.783e-07
升力子系数—常值项	uav.aero.CL0	0.38
升力子系数—迎角系数	uav.aero.CLa	18.5
升力子系数—迎角导数系数	uav.aero.CLa_dot	2.64
升力子系数—俯仰角速度系数	uav.aero.CLq	7.4

参数名	参数	值
升力子系数—升降舵系数	uav.aero.CLDe	0.24
升力子系数—襟翼系数	uav.aero.CLDf	0.4
阻力系数	uav.aero.CD0	0.022
侧力系数—侧滑角系数	uav.aero.CYb	-1.098
侧力系数—方向舵系数	uav.aero.CYDr	0.143
引擎系数	uav.engine.TFact	0.2

2. 实验效果

实现垂直起降飞机DLL模型文件生成，以及完成垂直起降飞机软硬件在环仿真。

3. 文件目录

例程目录：

[安装目录]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\3.CustExps\e3_VTOLModelCtrl\3.VTOLHighModelCtrl

文件夹/文件名称	说明	
VtolHighModel.slx	垂直起降飞机模型文件。	
VtolHighModel_HITL.bat	硬件在环仿真批处理文件。	
VtolHighModel_SITL.bat	软件在环仿真批处理文件。	
GenerateModelDLLFile.p	DLL格式转化文件。	
VtolHighModel_init.m	垂直起降飞机动力模型相关参数。	
MavLinkStruct.mat	MavLink数据结构体mat文件	
mixFile	standard_vtol_hitl.main.mix	修改后的硬件在环混控文件
	standard_vtol_sitl.main.mix	修改后的软件在环混控文件

4. 运行环境

4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB 2017b及以上③。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：px4_fmu-v6x_default，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：

<https://rflysim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

4.2 硬件要求

笔记本/台式电脑① 1台；Pixhawk 6X或其它飞控② 1台；数据线 1台。

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

5. 实验步骤

5.1. 必做实验：DLL模型生成

Step 1：运行.m文件

打开“VTOL_High”文件夹，在matlab软件中打开文件夹里的“VtolHighModel_init.m”文件，并运行。

名称	修改日期	类型	大小
mixFile	2023/6/25 10:10	文件夹	
slprj	2023/6/25 10:11	文件夹	
VtolHighModel_ert_rtw	2023/6/25 10:11	文件夹	
GenerateModelDLLFile.p	2022/7/27 22:06	MATLAB P-code	5 KB
MavLinkStruct.mat	2019/6/27 16:28	MATLAB Data	5 KB
MulticopterModel.zip	2022/10/23 12:46	压缩(zipped)文件...	114 KB
Readme - 高精度垂起.docx	2023/6/19 9:49	Microsoft Word ...	12,347 KB
VtolHighModel.dll	2022/10/23 12:46	应用程序扩展	242 KB
VtolHighModel.slx	2022/10/23 12:45	Simulink Model	119 KB
VtolHighModel.slxc	2022/11/16 16:19	Simulink Cache	348 KB
VtolHighModel_HITL.bat	2022/8/29 17:22	Windows 批处理...	6 KB
VtolHighModel_init.m	2022/8/24 12:02	MATLAB Code	8 KB
VtolHighModel_SITL.bat	2022/8/24 10:06	Windows 批处理...	6 KB

编辑器 发布 视图

运行 运行并前进 运行并计时

编辑器 - E:\gwg\项目科研\模型\例程整理\VTOL_High\VtolHighModel_init.m

```

1 %InitFunction
2 load MavLinkStruct;
3 %Initial condition
4 ModelInit_PosE=[0;0;0];
5 ModelInit_VelB=[1.000000000000000e-03;0;0];
6 ModelInit_AngEuler=[0;0;0];
7 ModelInit_RateB=[0;0;0];
8 ModelInit_Inputs = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
9 ModelInit_RPM = 0; %多旋翼电机的初始转速
10
11 ModelParam_uavType = int16(602); %这里是垂起飞机，与三维模型的ClassID对应
12 ModelParam_CopterType = int8(3); %这里是四旋翼
13 ModelParam_uavMotNumbs = int8(4); % 电机数量
14 ModelParam_uavMass=8.1646626600000012;%1.5; %飞机质量
15 ModelParam_uavR=1.5; %多旋翼轴距的一半（电机到质心距离）
16 ModelParam_uavJxx =4.12;%1.491E-2;%转动惯量
17 ModelParam_uavJyy = 9.58;%1.491E-2;
18 ModelParam_uavJzz = 9.85;%2.712E-2;
19 ModelParam_uavJ= [ModelParam_uavJxx, 0, 0, 0, ModelParam_uavJyy, 0; 0, 0, ModelParam_uavJzz];
20
21 %多旋翼模式下的空气阻力和阻尼系数
22 ModelParam_uavCd = 0.1;
23 ModelParam_uavCCm = [0.02 0.02 0.01];
24 ModelParam_uavDearo = 0.15;%unit m
25
26 %多旋翼电机参数
27 ModelParam_motorMinThr=0.00;
28 ModelParam_motorCr=842.1*4; %飞机重力增加了，这里转速提升

```

Step 2: 编译模型

打开“VtolHighModel.slx” Simulink 文件，点击“Build Model”按钮。编译配置可参考

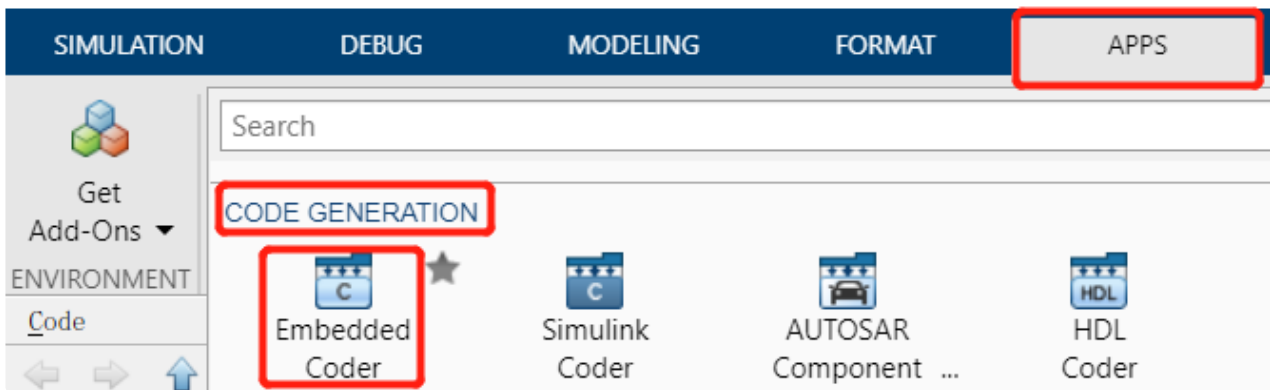
[4.RflySimModel\0.ApiExps\2.UserDefinedC++\2.GenC++\Readme.pdf](#)

对于MATLAB 2019a及之前版本，工具栏样式见下图，直接点击它的编译按钮“Build”即可。

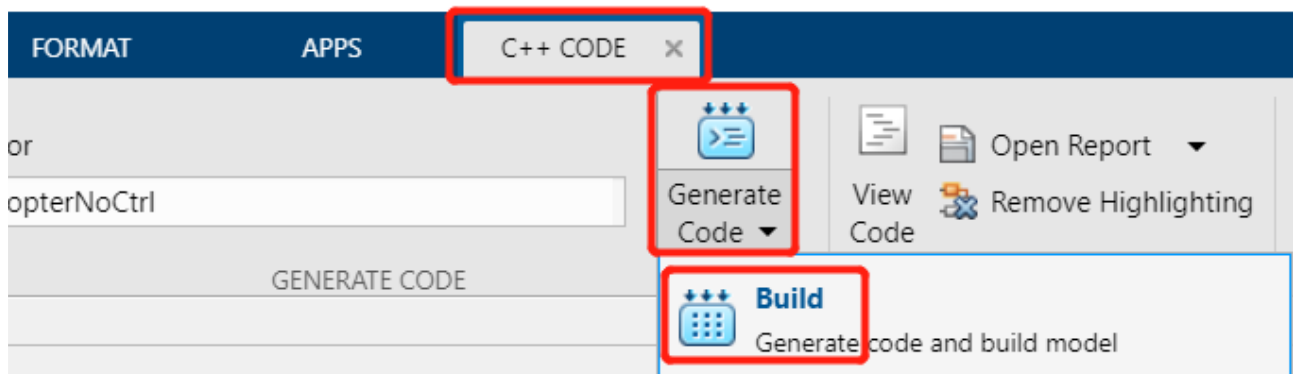


对于2019b及之后版本，点击APPS - CODE GENERATION - Embedded Coder才能弹出代码生成工具栏，在其中如下图所示点击“C++CODE” - “Generate Code” - “Build”按钮就能编译生成代码。

MulticopterCtrlVelocity/Force and Moment Model - Simulink

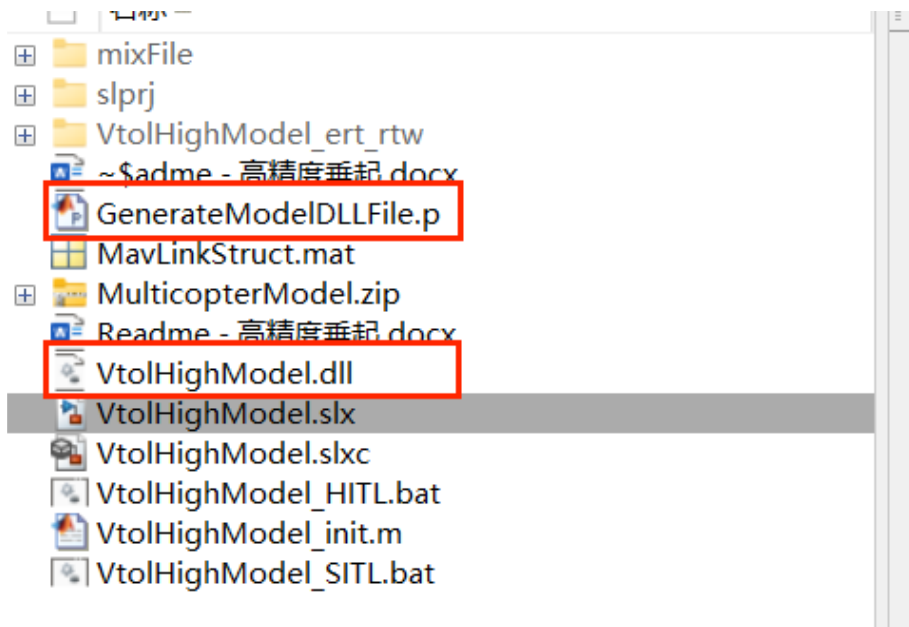


k



Step 3: 生成DLL文件

代码生成完毕后，在 Matlab 中右键“GenerateModelDLLFile.p”文件，点击运行，生成 DLL 文件。



5.2. 必做实验：软件在环仿真

Step 1: 添加混控文件

将mixfile文件夹下standard_vtol_sitl.main.mix文件复制到[平台安装目录]\PX4PSP\Firmware\ROMFS\px4fmu_common\mixers-sitl路径下。

Step 2: 清空原有编译信息

删除C:\PX4PSP\Firmware下面的build文件夹（主要是C:\PX4PSP\Firmware\build\px4_sitl_default目录），来清空旧的编译信息（重要！不删除会报错）。删除后再进行仿真时会自动重新编译。

Step 3: bat脚本设置

确认SITL启动脚本VtolHighModel_SITL.bat的DLLModel、SimMode和PX4SITLFrame项目设置正确，如下图所示

```

19
20 REM Set use DLL model name or not, use number index or not
21 REM This option is useful for simulation with other type
22 set DLLModel=VtolHighModel DLL模型名字
23
24 REM Check if DLLModel is a name string, if yes, copy the latest dll file to CopterSim folder
25 SET /A DLLModelVal=DLLModel
26 if %DLLModelVal% NEQ %DLLModel% (
27     REM Copy the latest dll file to CopterSim folder
28     copy /Y "%~dp0"\%DLLModel%.dll %PSP_PATH%\CopterSim
29 )
30
31 REM Set the simulation mode on CopterSim, use number in the following table
32 REM e.g., SimMode=2 equals to SimMode=PX4_SITL_RFLY
33 set SimMode=2
34
35 REM Set the vehicle-model (airframe) of PX4 SITL simulation
36 REM Check folder Firmware\ROMFS\px4fmu_common\init.d-parameters
37 REM E.g., fixed-wing aircraft: PX4SITLFrame=plane; small UAV: PX4SITLFrame=standard_vtol
38 set PX4SITLFrame=standard_vtol PX4机架名字
39
40

```


Step 4: 启动仿真

双击VTOL_High文件夹中“VtolHighModel_SITL.bat”批处理文件，在弹出的终端窗口中输入1，启动一架垂直起降飞机的软件在环仿真。等待编译完成，不报错，且CopterSim能正确3D Fixed说明配置正确。

名称	修改日期	类型	大小
mixFile	2023/6/25 10:10	文件夹	
slprj	2023/6/27 14:51	文件夹	
VtolHighModel_ert_rtw	2023/6/27 14:51	文件夹	
GenerateModelDLLFile.p	2022/7/27 22:06	MATLAB P-code	5 KB
MavLinkStruct.mat	2019/6/27 16:28	MATLAB Data	5 KB
MulticopterModel.zip	2023/6/27 14:51	压缩(zipped)文件...	114 KB
Readme - 高精度垂起.docx	2023/6/27 14:57	Microsoft Word ...	11,984 KB
VtolHighModel.dll	2023/6/27 14:53	应用程序扩展	242 KB
VtolHighModel.slx	2022/10/23 12:45	Simulink Model	119 KB
VtolHighModel.slxc	2022/11/16 16:19	Simulink Cache	348 KB
VtolHighModel_HITL.bat	2022/8/29 17:22	Windows 批处理...	6 KB
VtolHighModel_init.m	2022/8/24 12:02	MATLAB Code	8 KB
VtolHighModel_SITL.bat	2022/8/24 10:06	Windows 批处理...	6 KB

Step 5: 等待初始化完成

等待 CopterSim 中显示连接上 RflySim3D。


飞思实验室

机架类型	整机质量	机架轴距	飞行海拔	品牌型号	
四旋翼	1.5 kg	450 mm	50 m	自定义设计	

电机品牌: DJI (大疆)	型号: 2312 KV960
螺旋桨品牌: APC	型号: 10x4.5MR
电调品牌: Hobbywing (好盈)	型号: XRotor 20A
电池品牌: ACE (格氏电池)	型号: LiPo 3S-11.1V-25C-5500mAh

机型数据库:

计算
模型参数
加入模型库
删除当前机型

本机ID: 1	UDP收端口: 20100	使用DLL模型文件: VtolHighModel	仿真模式: PX4_SITL_RFLY	三维显示场景: OldFactory	<input type="checkbox"/> 联机 <input type="checkbox"/> 飞机起点位置: x: -250 y: -119 yaw: 0
飞控选择:	UDP Mode: Mavlink_Full	开始仿真	停止仿真	重新仿真	

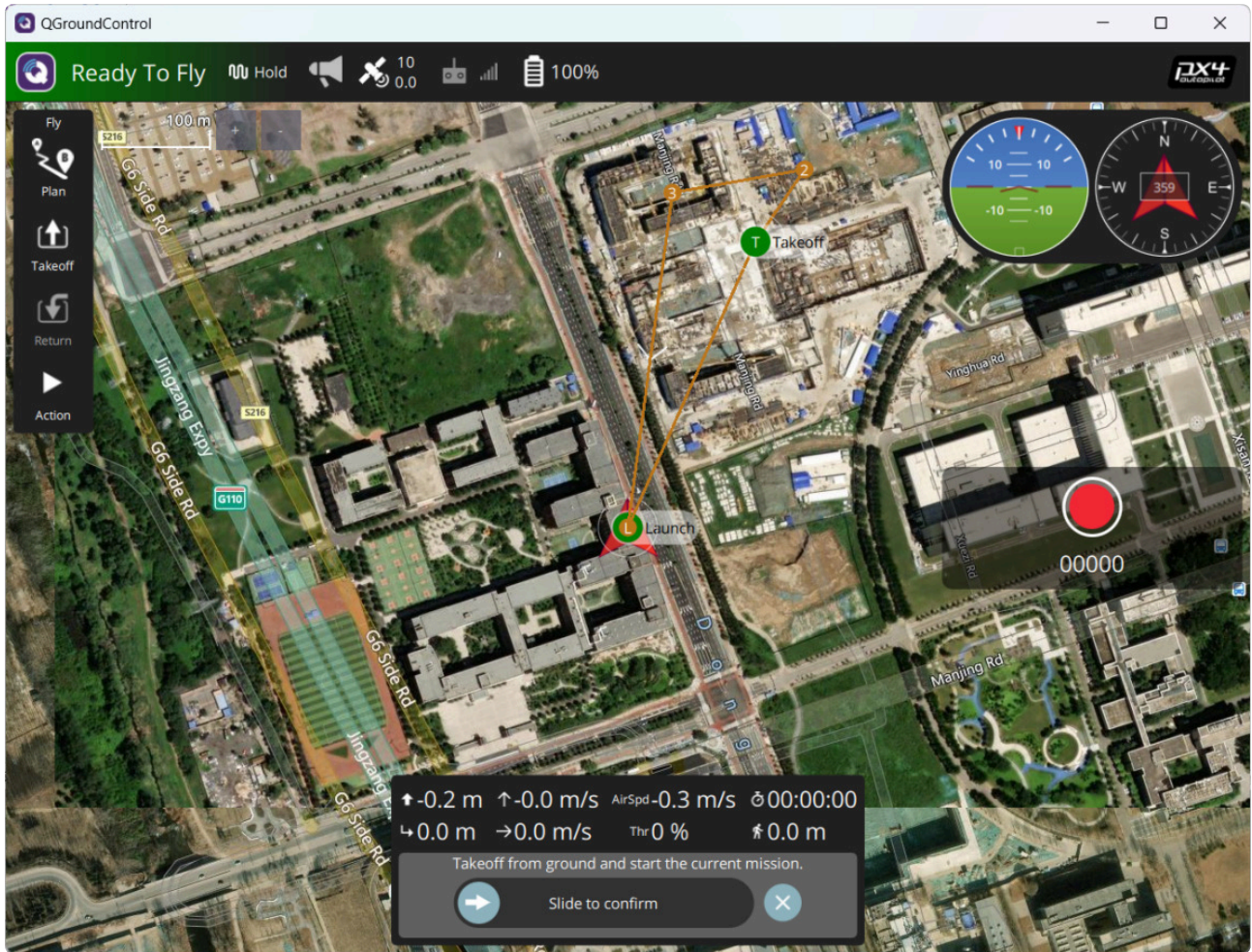
```

PX4: EKF2 Estimator start initializing...
PX4: Found firmware version: 1.12.3dev
PX4: Command ID: 512 ACCEPTED
PX4: Command ID: 512 ACCEPTED
PX4: Command ID: 512 ACCEPTED
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.
PX4: Enter Auto Loiter Mode!
          
```

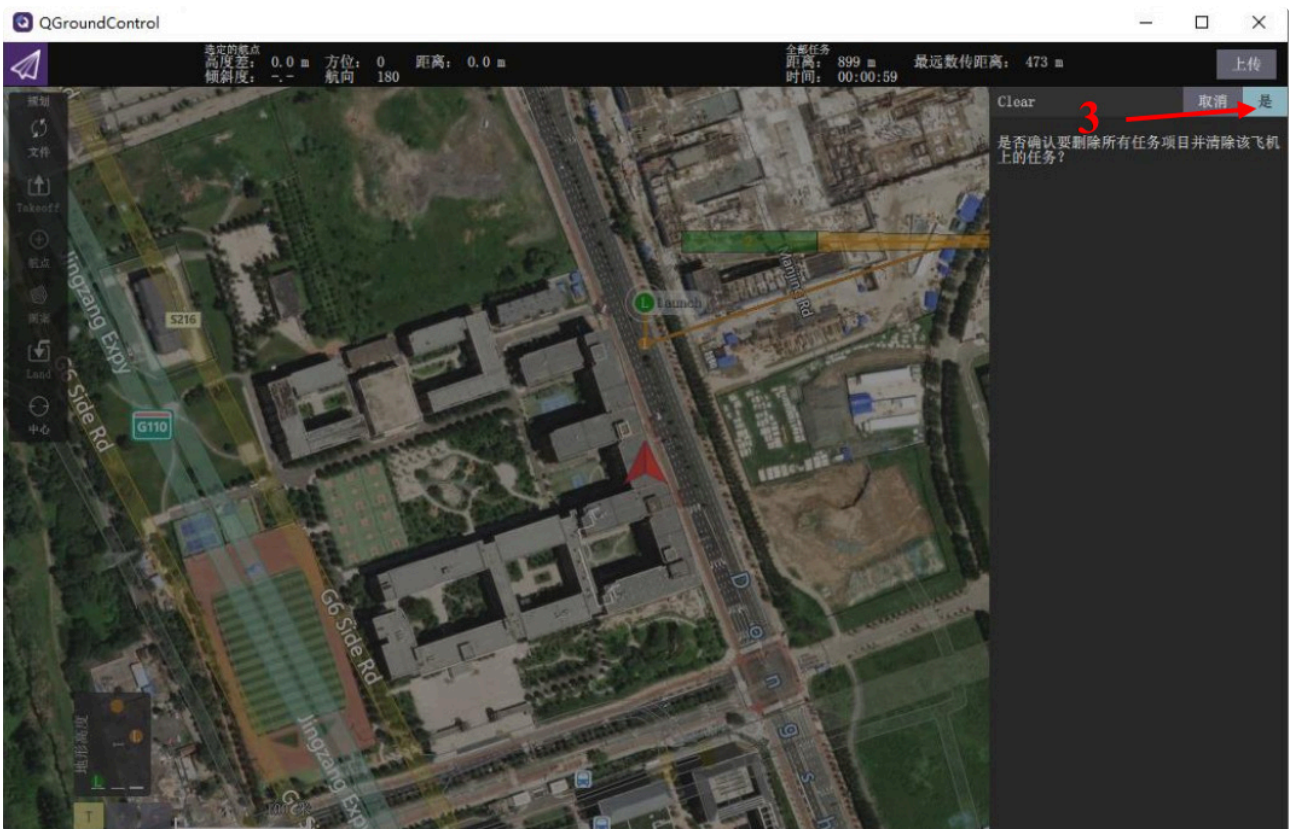
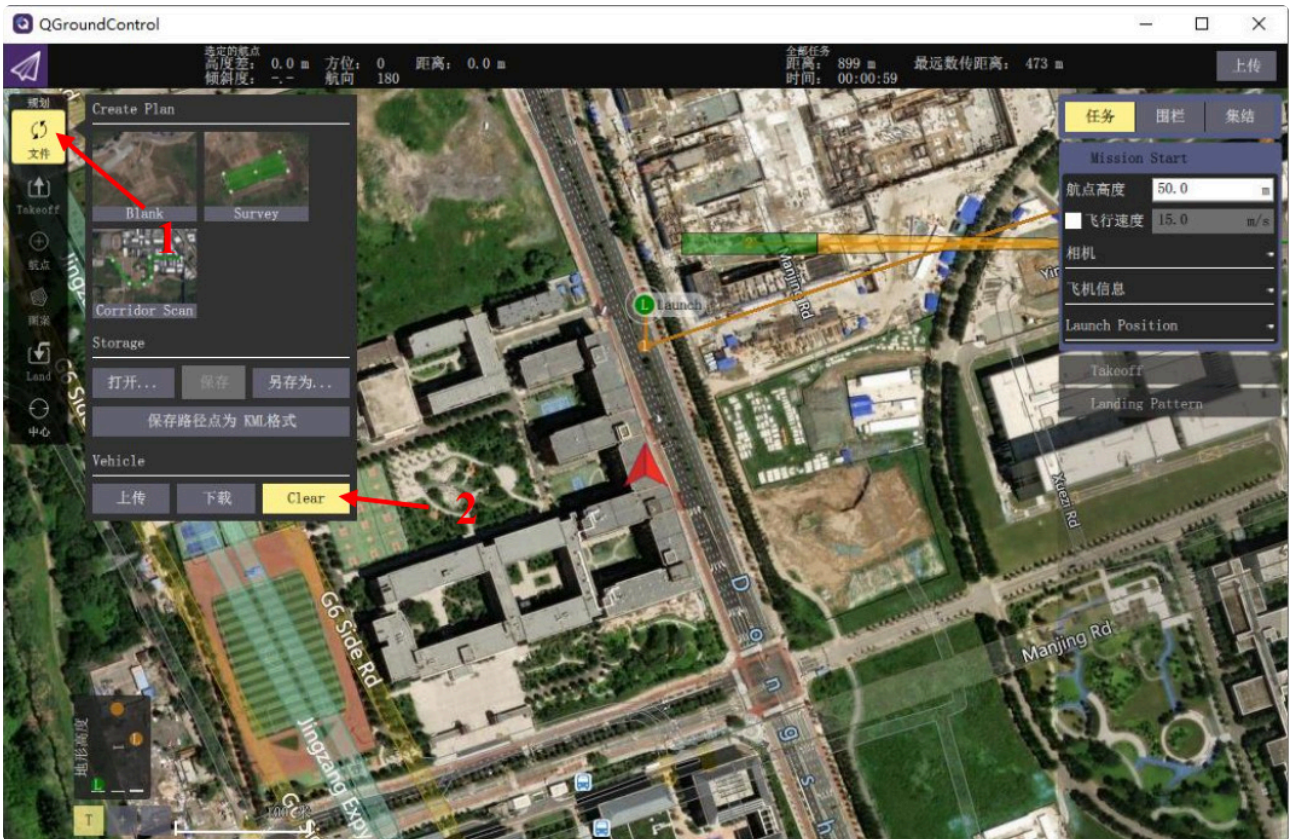
X -249.996	Y -119	Z -0.07
Vx 0	Vy 0	Vz 0
φ 0	θ 0	ψ 0

Step 6: 航路设置页面

在 QGC 中进入航路设置页面。

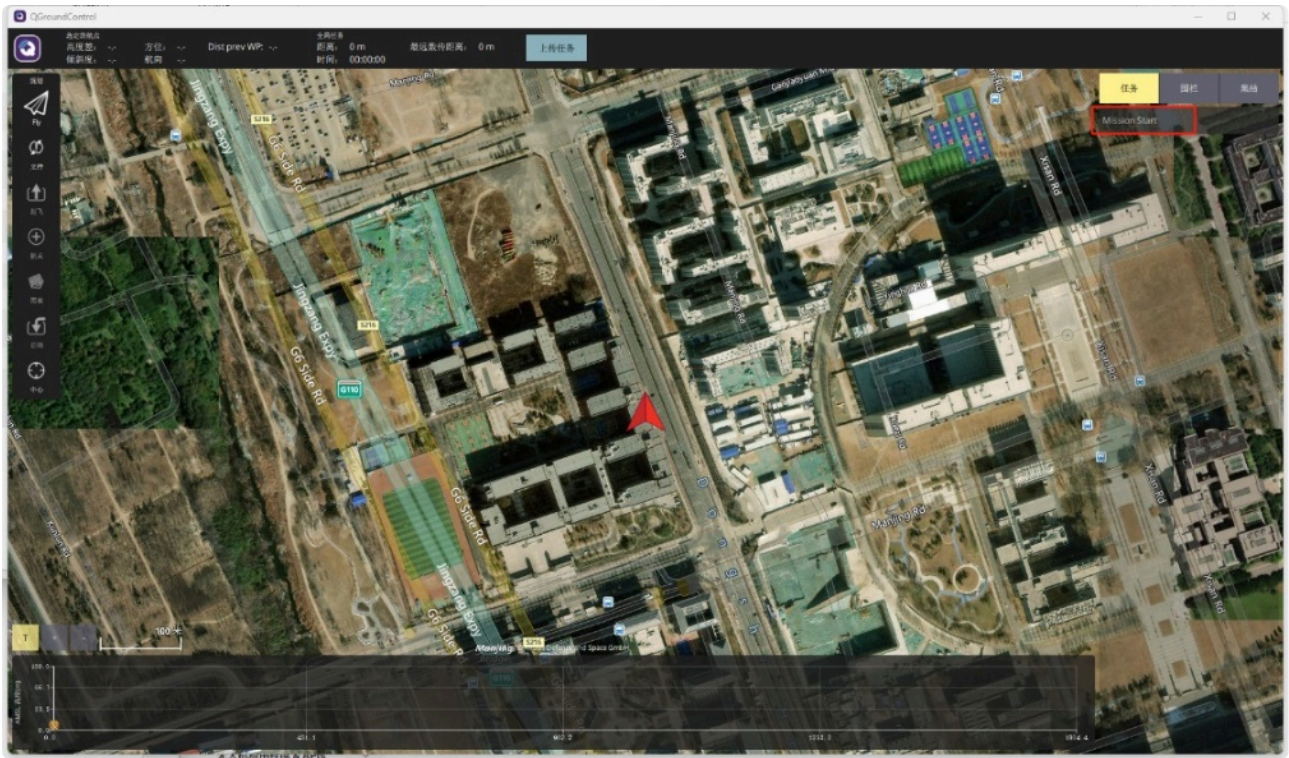


若已存在航路，则先点击文件按钮，之后点击 clear 按钮清除航路，在弹出界面选择“是”。

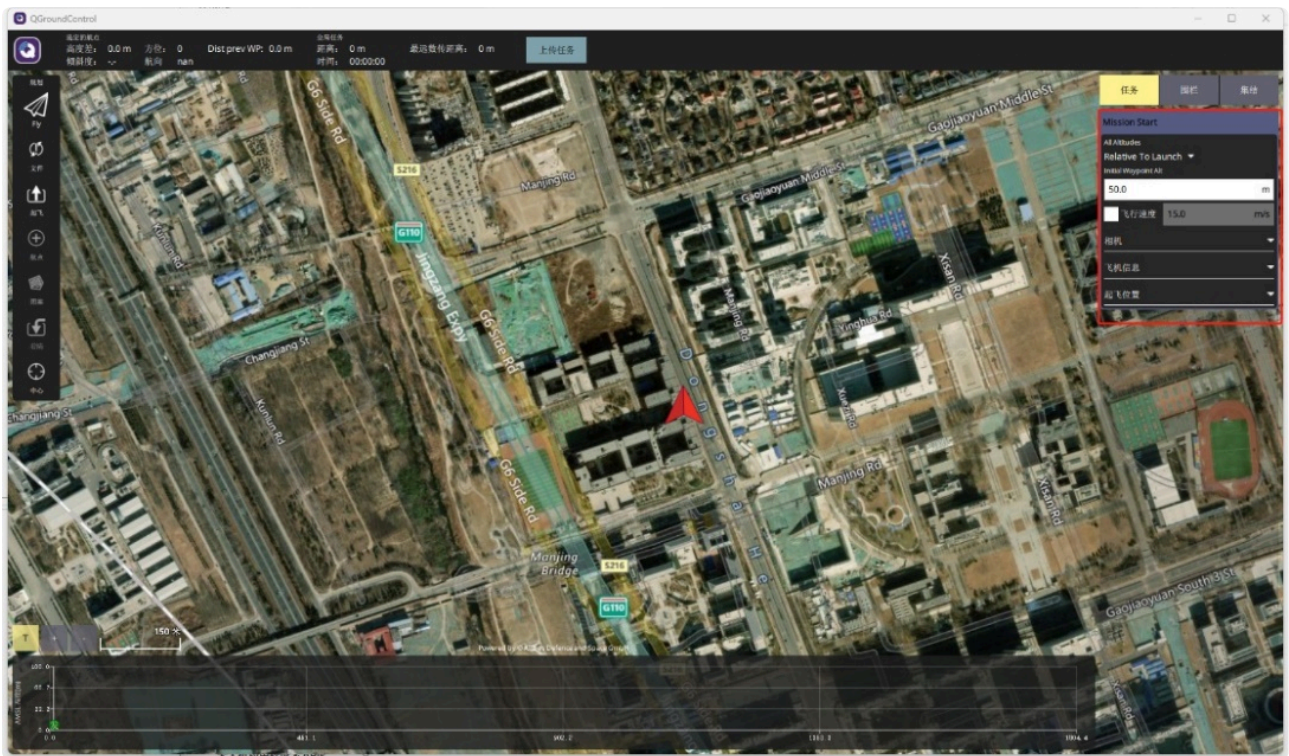


Step 7: 设置起飞点

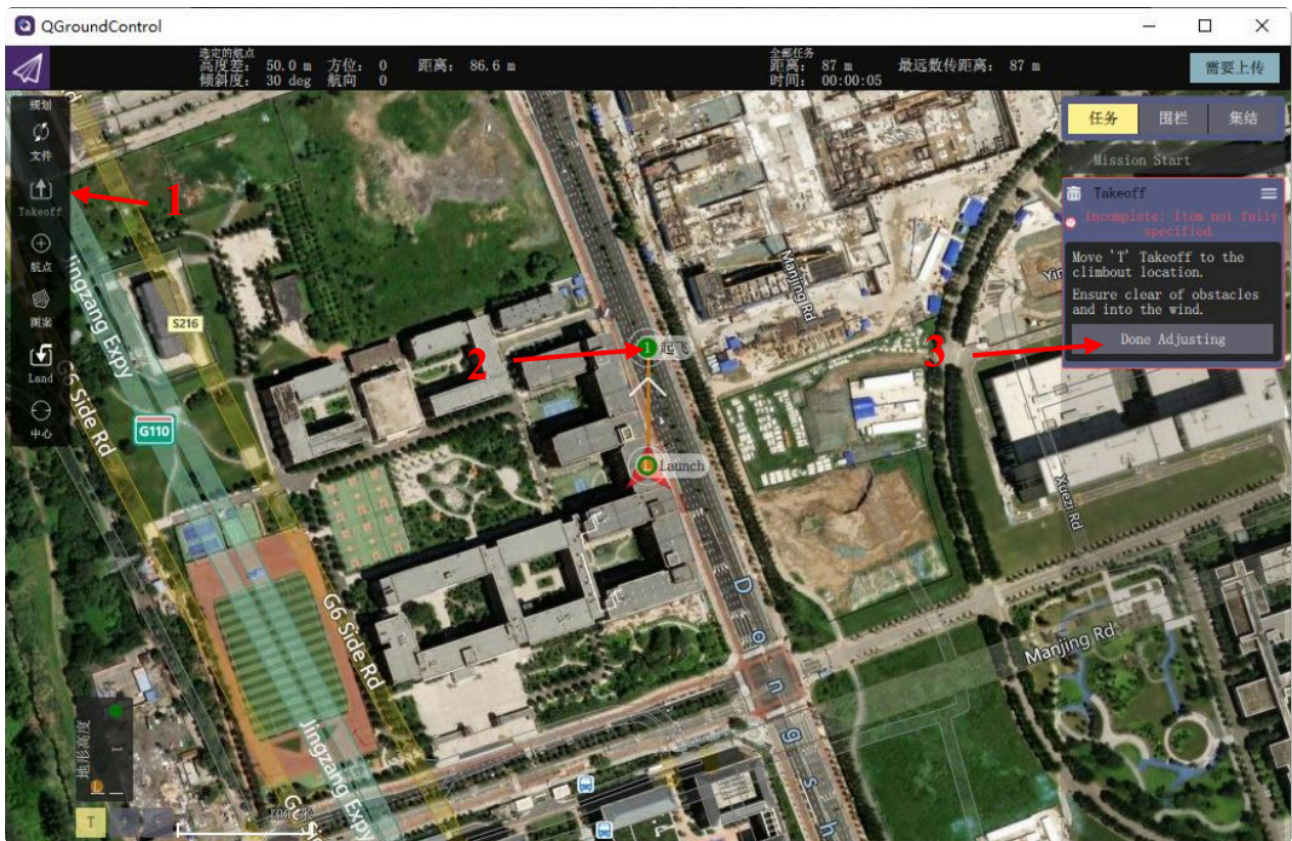
首先点击“任务开始”按钮



之后会弹出飞机初始化信息



点击“takeoff”按钮，可拖动绿色“起飞”点来设置起飞位置，之后点击右侧“Done Adjusting”按钮。



可设置起飞高度和角度，本例中采用默认值。



Step 8: 设置航点

点击“航点”按钮，之后在地图上点击任意位置可设置航点，同上一部可设置高度和速度（航点可设置多个，本例中只设置一个）。

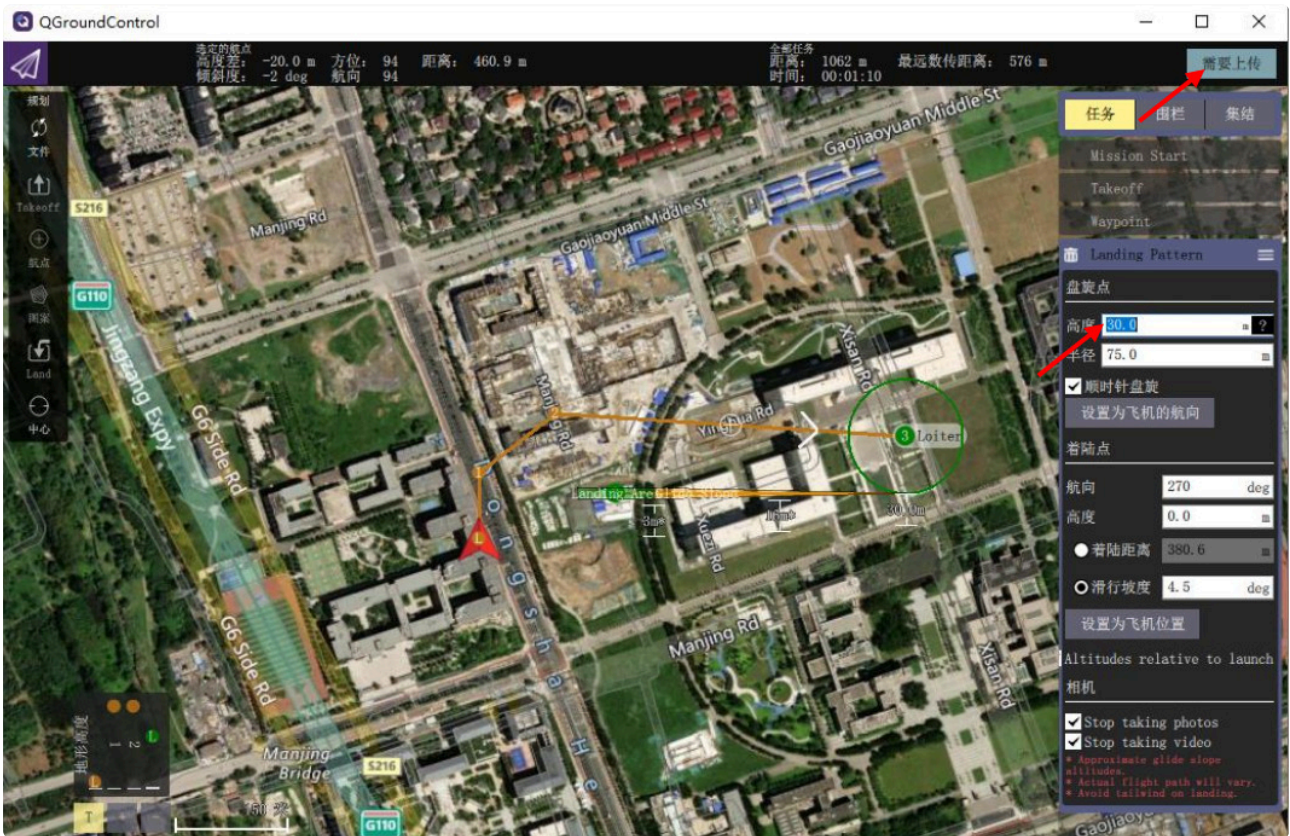


Step 9: 设置降落点并上传航路

点击“land”按钮，并在地图上点击位置设置降落点，拖动绿色“Loiter”图标可更改盘旋位置，之后点击右侧“Done Adjusting”。

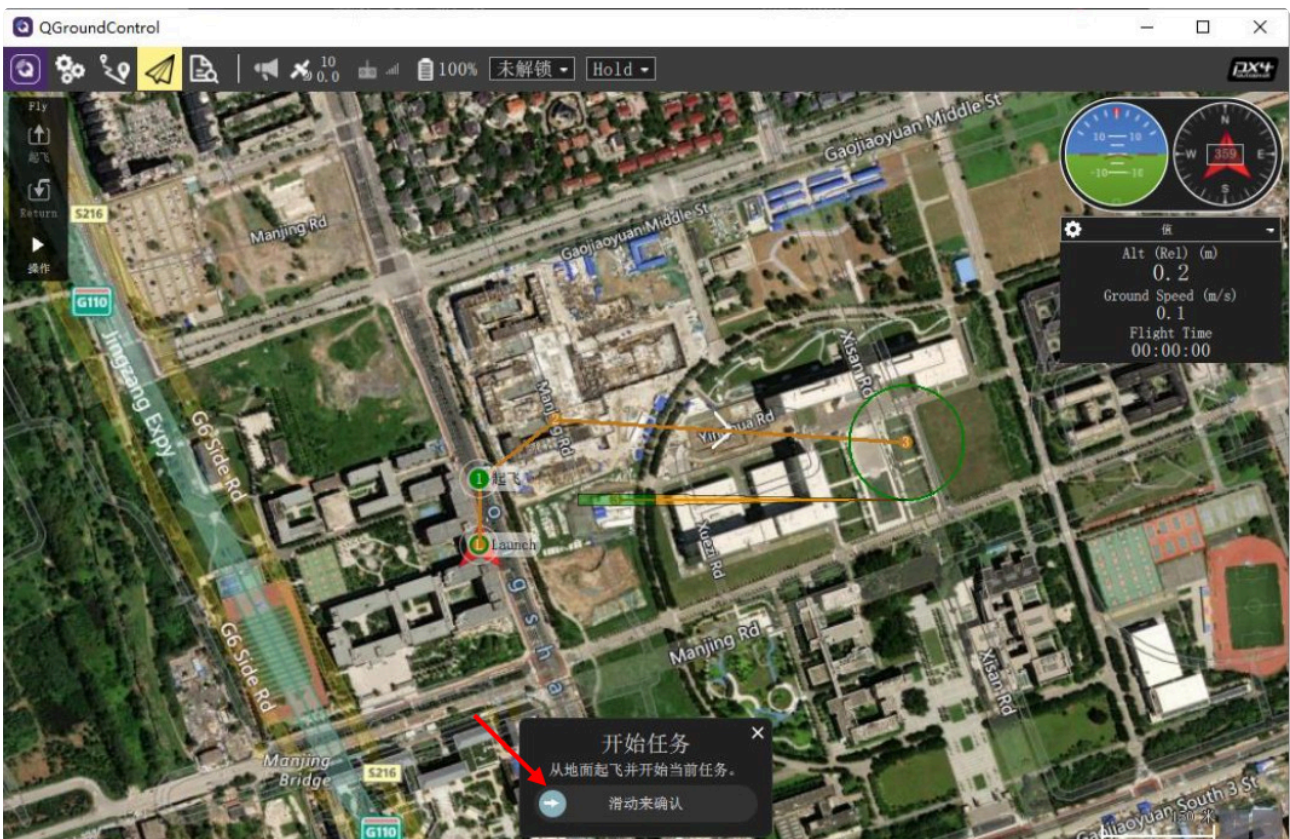


之后可设置降落高度等其他参数，本例中设置降落高度为30m，之后点击“需要上传”按钮上传航路。



Step 10: 执行任务

返回初始界面后，滑动下方滑块开始执行任务。



Step 11: 观察结果

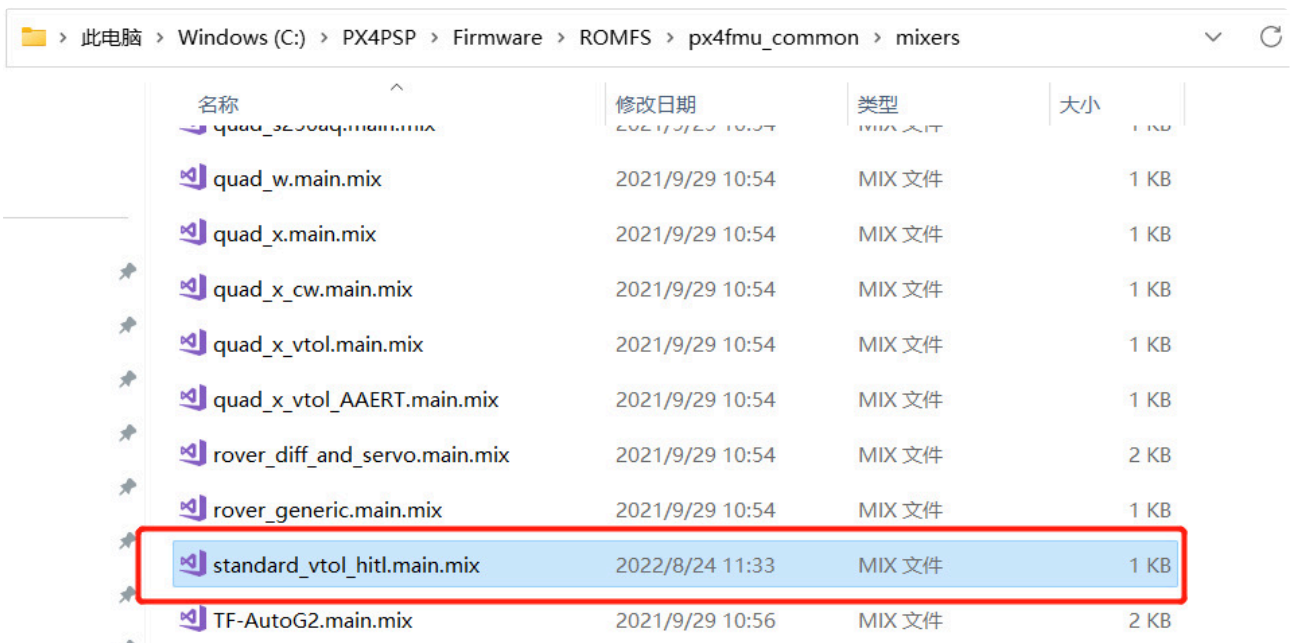
在 UE4 中观察是否按照所设航线飞行。



5.3. 选做实验：硬件在环仿真

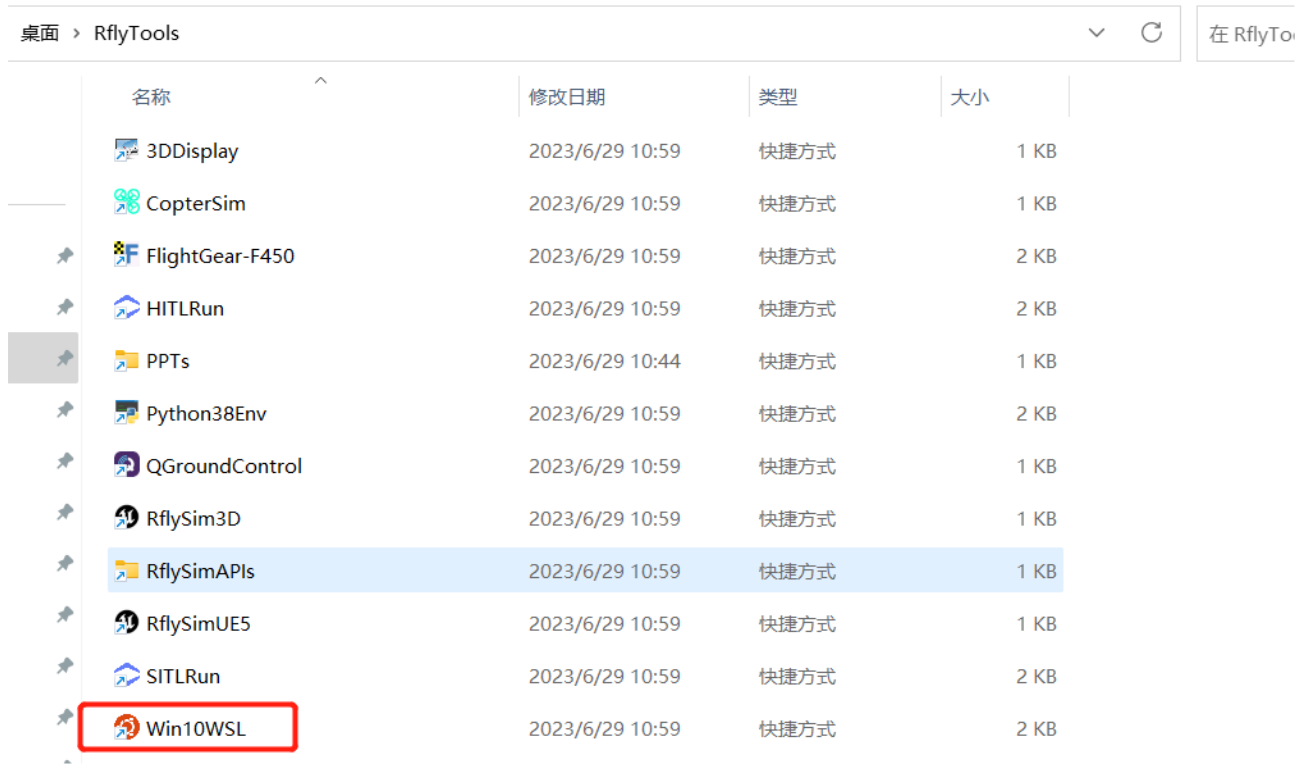
Step 1: 添加混控文件

将mixfile文件夹下standard_vtol_hitl.main.mix文件复制到
C:\PX4PSP\Firmware\ROMFS\px4fmu_common\mixers路径下。



Step 2: 删除原有固件

需要将修改后的源码编译成固件，并上传到期望的飞控板中。设使用的Pixhawk 4飞控，对应的是px4_fmu-v5_default。（其他飞控同理）首先，删除C:\PX4PSP\Firmware下面的build文件夹，来清空旧的编译信息（重要，不删除会导致编译失败）。然后，点击桌面RflyTools文件夹中，Win10WSL快捷方式，来打开编译环境。



Step 3: 编译固件

在/mnt/[安装目录]/PX4PSP/Firmware文件下输入如下指令：

```
make px4_fmu-v5_default
```

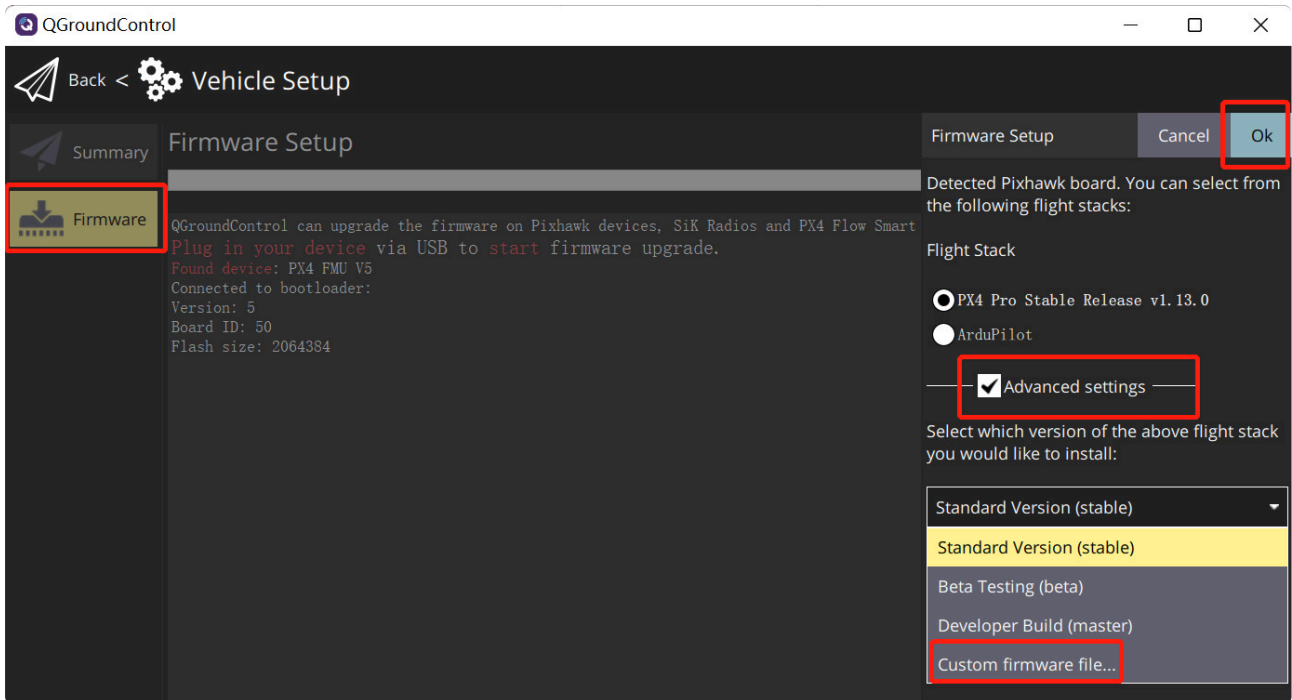
得到的固件在**对应文件夹**下，本例为C:\PX4PSP\Firmware\build\px4_fmu-v5_default\px4_fmu-v5_default.px4。注意，make指令后填写所用固件的固件名。

```
root@叶颖鑫: /mnt/c/PX4PSP  ×  +  v
root@叶颖鑫: /mnt/c/PX4PSP/Firmware# ./BkFile/EnvOri.sh
root@叶颖鑫: /mnt/c/PX4PSP/Firmware# make px4_fmu-v5_default
```

Step 4: 连接飞控并烧录固件

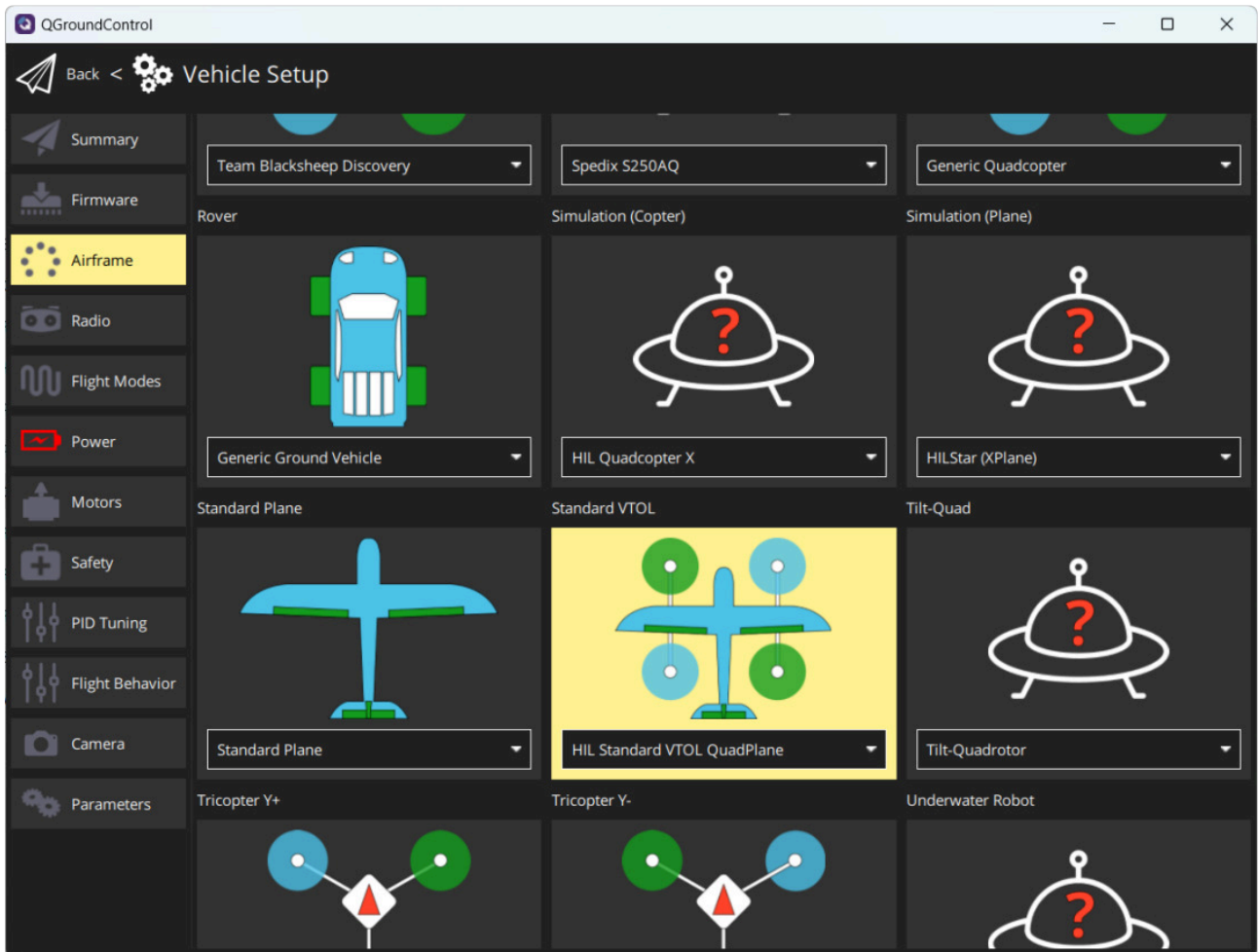
准备一个与固件对应的飞控，并按下图所示将飞控与计算机链接，使用QGC手动烧录固件模式，选择固件文件，烧入飞控





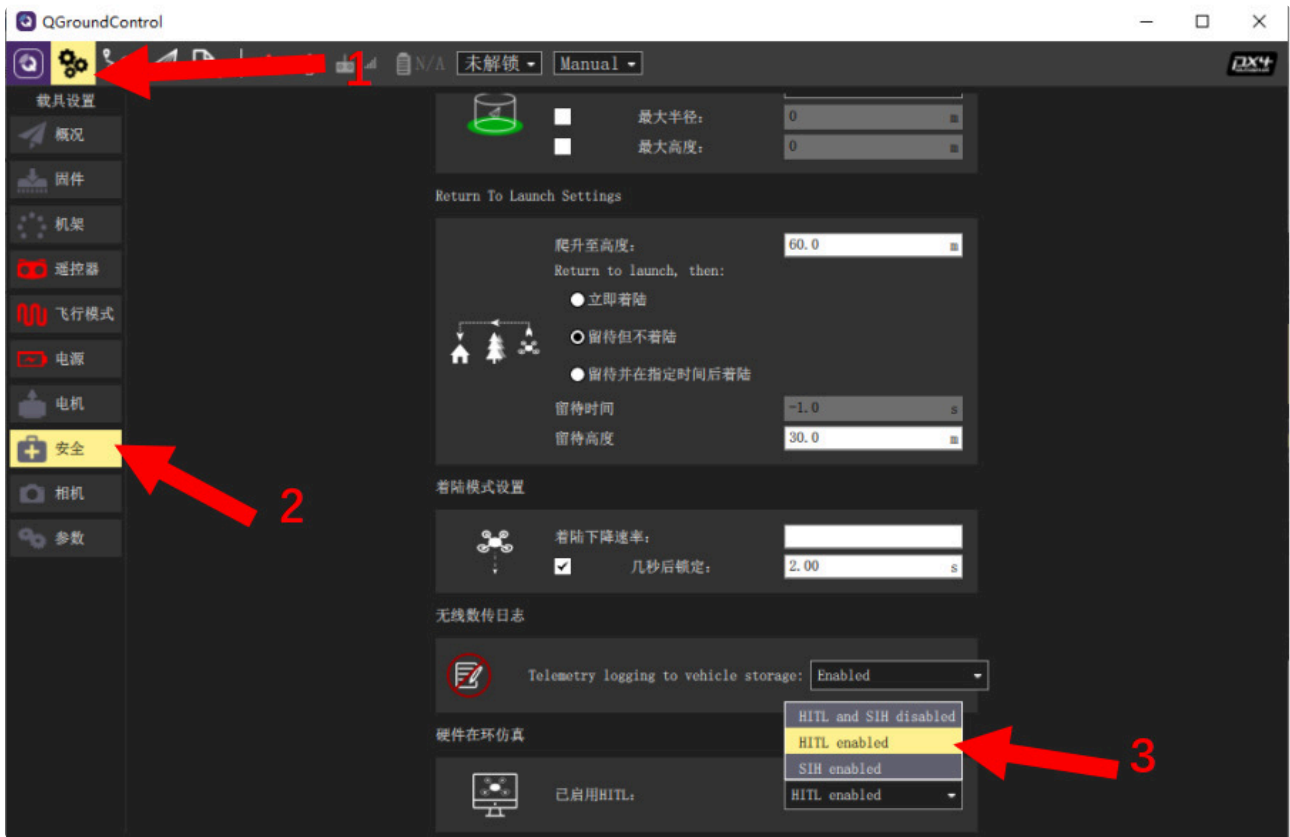
Step 5: 设置硬件在环机架

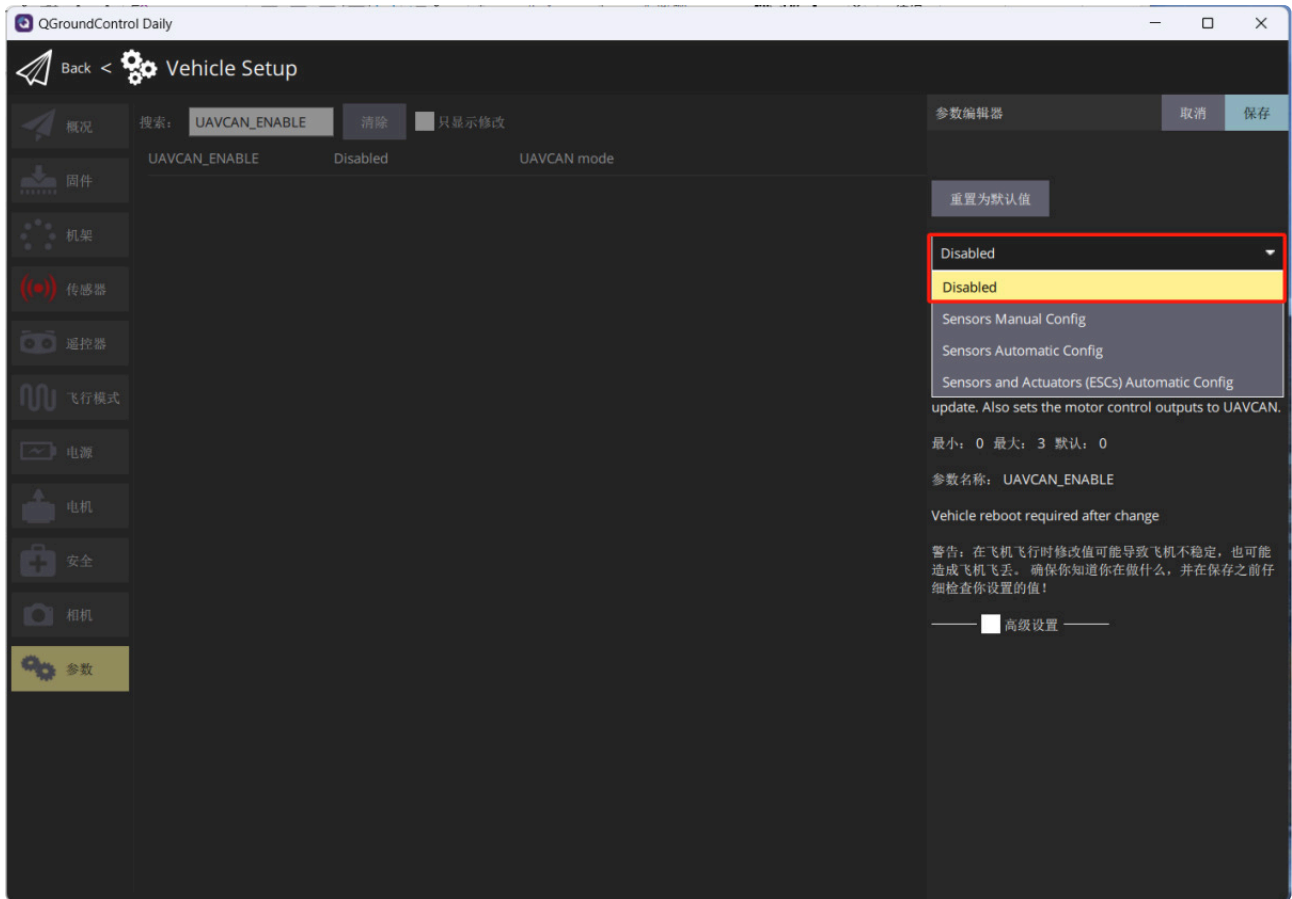
进入Vehicle Setup页面，在机架界面设置机架型号为“HILStandard VTOL QuadPlane”，设置完毕后点击右侧“应用并重启”。



Step 6: 配置硬件在环参数

在“安全”界面，选择“HITL enabled”启动硬件在环仿真，点击“参数”，并在搜索栏中输入“UAVCAN_ENABLE”，在弹出框中设置为“Disabled”，点击保存之后在概况界面中确认配置完成后，重新插拔飞控完成设置。





Step 7: 启动仿真

打开VTOL_High文件夹，双击“VtolHighModel_HITL.bat”批处理文件，自动完成所有配置，启动一架飞机的硬件在环仿真。

名称	修改日期	类型	大小
mixFile	2023/6/25 10:10	文件夹	
slprj	2023/6/27 14:51	文件夹	
VtolHighModel_ert_rtw	2023/6/27 14:51	文件夹	
GenerateModelDLLFile.p	2022/7/27 22:06	MATLAB P-code	5 KB
MavLinkStruct.mat	2019/6/27 16:28	MATLAB Data	5 KB
MulticopterModel.zip	2023/6/27 14:51	压缩(zipped)文件...	114 KB
Readme - 高精度垂起.docx	2023/6/27 15:19	Microsoft Word ...	12,966 KB
VtolHighModel.dll	2023/6/27 14:53	应用程序扩展	242 KB
VtolHighModel.slx	2022/10/23 12:45	Simulink Model	119 KB
VtolHighModel.slxc	2022/11/16 16:19	Simulink Cache	348 KB
VtolHighModel_HITL.bat	2022/8/29 17:22	Windows 批处理...	6 KB
VtolHighModel_init.m	2022/8/24 12:02	MATLAB Code	8 KB
VtolHighModel_SITL.bat	2022/8/24 10:06	Windows 批处理...	6 KB

```
C:\Windows\system32\cmd.e. X + v
已复制 1 个文件。
-----
Please input the Pixhawk COM port list for HIL
Use ',' as the separator if more than one Pixhawk
E.g., input 3 for COM3 of Pixhawk on the computer
Input 3,6,7 for COM3, COM6 and COM7 of Pixhawks

Available COM ports on this computer are:
COM3: ??????????
COM4: ??????????
COM5: USB ???

Recommended COM list input is: 3,4,5

-----
My COM list for HITL simulation is:5
```

Step 8: 仿真过程

之后测试步骤与软件在环的步骤相同，设置航线并观察垂起飞机的运动。

注意事项：高精度垂起飞机有如下特点：

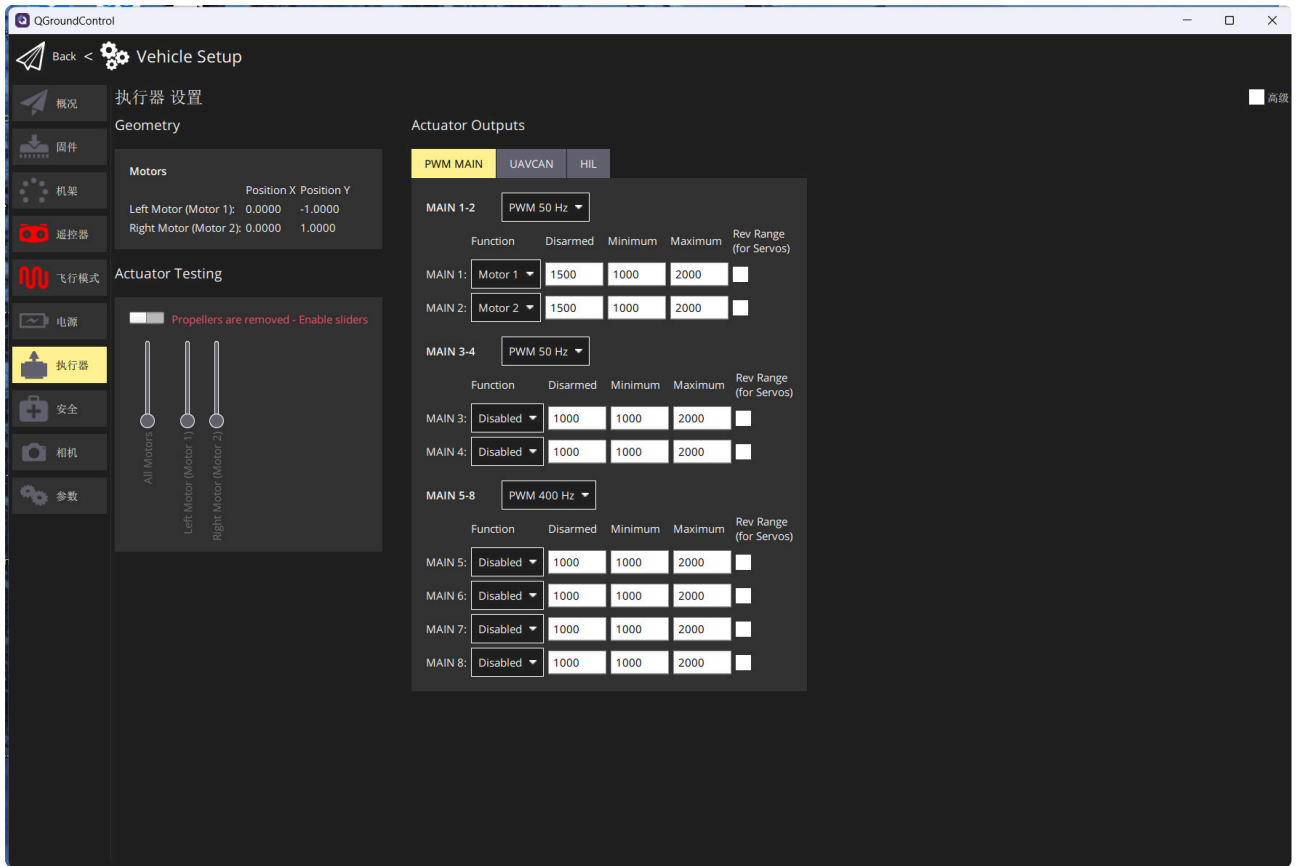
1. 在VtolHighModel.slx中力和力矩模块中同时有着旋翼与垂直起降飞机的气动模型，在起飞阶段以旋翼方式起飞飞行，后续在QGC中切换至垂直起降飞机模型前飞。
2. 在VtolHighModel.slx中用inCopterData端口发送切换飞行状态的指令。

6. 参考资料

1. PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf中DLL/SO模型与通信接口的重要参数部分。
2. PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf中的环境配置
3. PX4PSP\RflySimAPIs\4.RflySimModel\API.pdf中的Simulink建模模板介绍

7. 常见问题

1. PX4.14版本固件全面启用了动态混控的规则，体现在使用1.14版本固件进行软硬件在环仿真[控制分配](#) (混控) | [PX4 自动驾驶用户指南](#) 时，QGC车辆设置页面会新增“执行器”页面，具体内容见 [\(main\)](#) 。



控制分配 (混控)

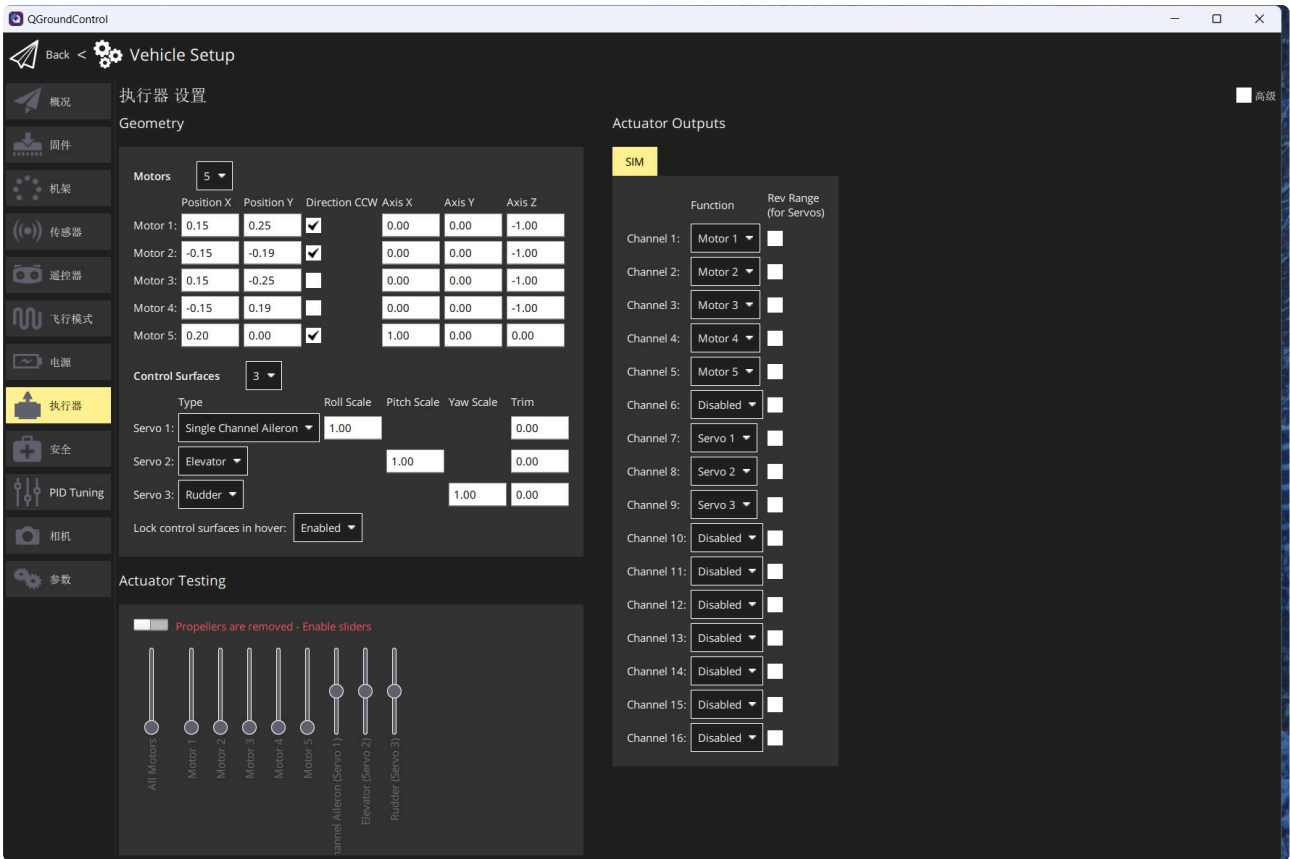
注解

控制分配取代了在 PX4 v1.13 中使用的旧的混控方法。PX4 v1.13 文档见：[混控& 驱动器](#)，[构型文件](#) 和 [添加一个新的机型配置](#)。

如果需要以1.14版本固件进行高精度垂起模型软硬件在环仿真，那么需要进行以下设置：

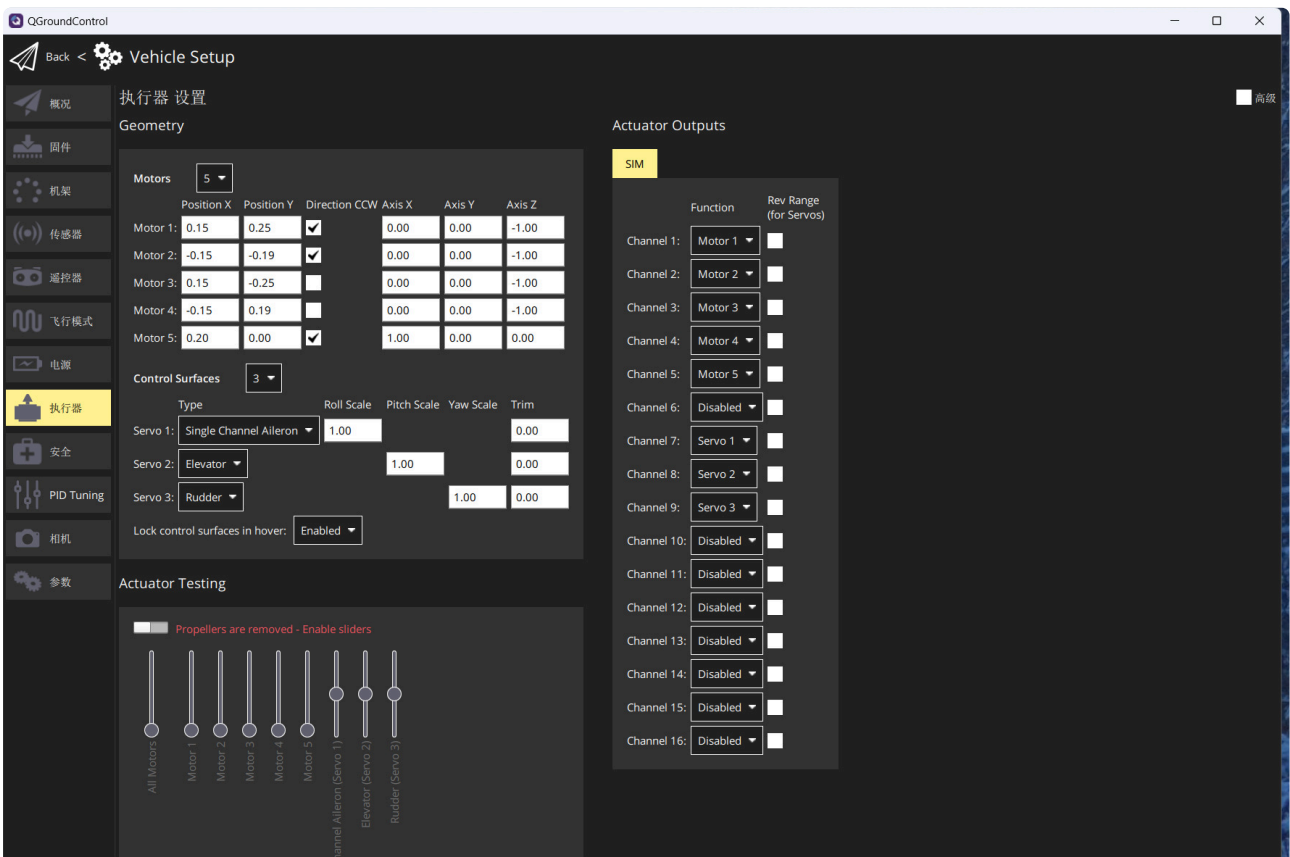
1. 软件在环仿真：

通过 `VtolHighModel_SITL.bat` 启动仿真并完成初始化后，在QGC执行器页面中按如下图所示完成设置，即可正常仿真。



2) 硬件在环仿真：

除了硬件在环通常要设置的选项，还需要在QGC执行器页面中按如下图所示完成Actuator Outputs HIL设置，并且设置UAVCAN为Disabled，设置完毕后，重新插拔飞控，即可正常仿真。



Q2: 编译报错，无法加载库文件



A2: 这可能是由于安装平台时PX4PSP工具箱未更新到最新版，更新RflySim安装包后按照如下配置重新安装平台即可

