

# 1.实验名称及目的

## 1.1实验名称

基于最大模板的环境风模块故障注入。

## 1.2实验目的

了解基于最大模板的环境风模块故障注入。

## 1.3关键知识点

原理：FaultInjectAPITest.py通过

PX4MavCtrlV4库的sendInDoubCtrls/sendSILIntDouble/sendSILIntFloat 系列接口，将故障信号inSIL28d（或inSILInts/inSILFloats）在UDP端口中传输到simulink最大模块中的环境风故障注入模块，以此实现环境风故障注入功能。编译simulink最大模块生成DLL文件，将DLL文件导入CopterSim后，成功注入环境风故障并完成仿真。

环境风故障在故障信号inSIL28d的识别ID为：123458，123459，123540，123541；分别对应下方表格。其故障输入参数为：噪声增益。若未注入故障，则默认环境处于无风状态。若注入故障，输入参数可以输入X,y,z轴的风速（m/s），风到达时间（阵风的间隔时间s），风强度（m/s）

**注释：紊流风（Turbulent Wind）：**

是指在大气中由于气流的不规则运动而产生的风速和风向的快速变化。

这种风通常与以下几个特点有关：**不规则性：**

紊流风的风速和风向变化是随机和无序的，不同于稳定风的一致性。**强度变化：**

紊流风的强度可以在很短的时间内发生显著变化。**切向风（Tangential Wind或Crosswind）：**是指风向与某一参考线或表面垂直的风。

切向风故障的风方向为随机一个方向。

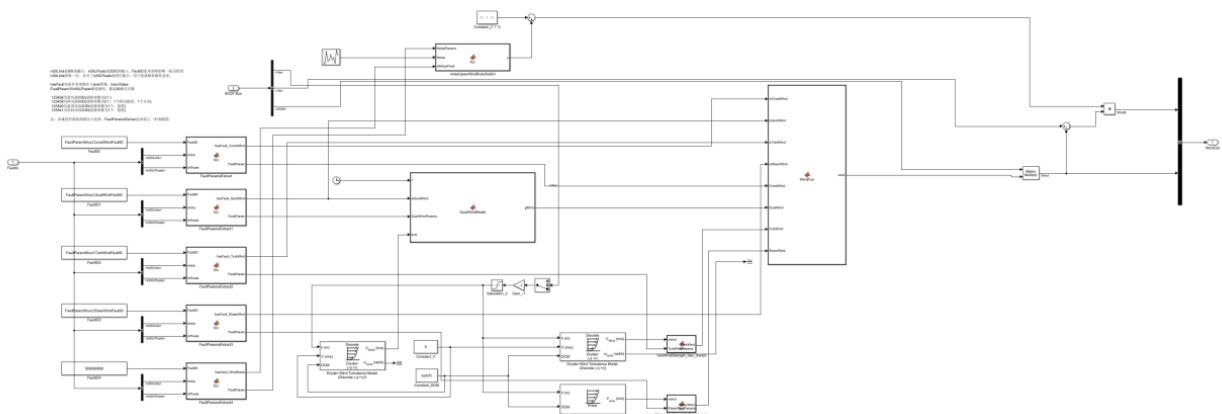
故障ID及对应参数见[../RflySimSDK/html/md\_phm\_2md\_2Faultinject.html]  
(file:///F:\d3\RflySimSDK\html\md\_phm\_2md\_2Faultinject.html)

故障ID	故障类型	输入参数
123458	常风故障	X,y,z轴的风速
123459	阵风故障	阵风强度+风到达时间
123540	紊流风故障	紊流风强度
123541	切向风故障	切向风强度

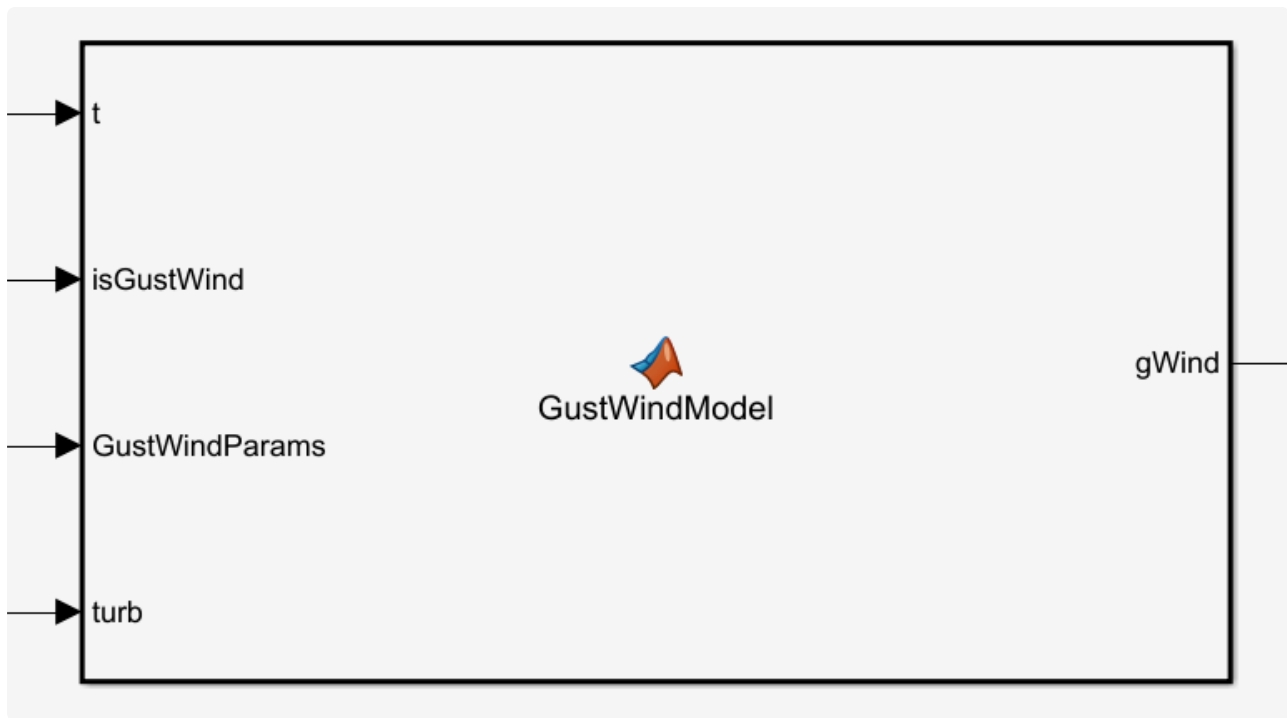
注入故障所用到的simulink模块Environment FaultModel结构图 及其 输入输出参数解释：

该模块用于提取故障参数和输出注入故障后的传感器数据。模块输入FaultIn，即inSIL28d，为包含8维的inSILInts，20维的inSILFloats的故障参数。

功能	WindFult环境风模块用于对环境风进行数学建模
	123458为常风故障ID(故障参数为3个) 123459为阵风故障ID(故障参数为2个, 1个阵风强度, 1个方向) 123540为紊流风故障ID(故障参数为1个, 强度) 123541为切向风故障ID(故障参数为1个, 强度)
输入	
FaultIn	故障输入, 包括故障类型和故障参数。
6DOF Bus1	将简易环境模型和刚体六自由度模型的输出封装在总线中。
输出	
WindOut	将Windb、Wind封装在总线中



内部模块GustWindModel结构图 及其解释：



```
function gWind = GustWindModel(t, isGustWind, GustWindParams, turb)

    if (GustWindParams(2)<1)
        GustWindParams(2)=1;
    end
    timeVel=60/GustWindParams(2);

    vmax=GustWindParams(1);

    persistent t0;
    if isempty(t0)
        t0=0;
    end

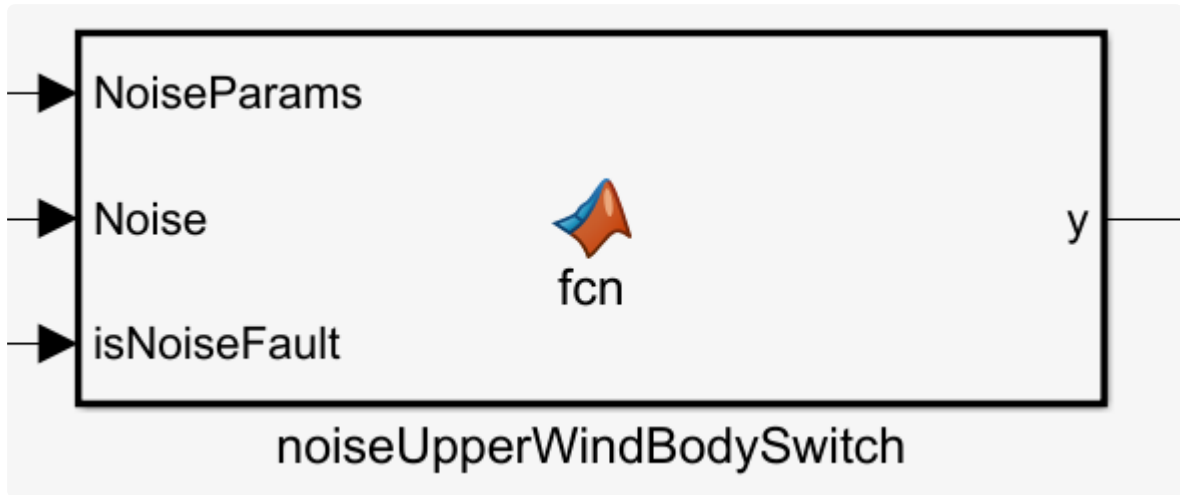
    persistent isInGust;
    if isempty(isInGust)
        isInGust=0;
    end

    persistent t1;
    if isempty(t1)
        t1=2;
    end

    persistent a;
    if isempty(a)
        a=0.5;
    end
```

功能	模拟阵风的风速模型。函数的输入参数包括当前时间、阵风状态、阵风参数和湍流数据，输出参数是当前时间点的风速向量 gWind。
输入	
t	当前时间。
isGustWin	布尔值 (true或false) ,一个标志, 指示是否存在阵风。如果为true, 表示有阵风; 否则表示没有阵风。
GustWindParams	包含阵风参数的向量。第一个元素是最大风速 v <sub>max</sub> , 第二个元素是阵风的频率参数。
turb	包含湍流数据的向量, 用于在风速计算中增加湍流成分。
输出	
gWind	向量, 当前时间点的风速向量, 包含三个分量 (x, y, z) 。

内部模块noiseUpperWindBodySwitch结构图 及其解释:

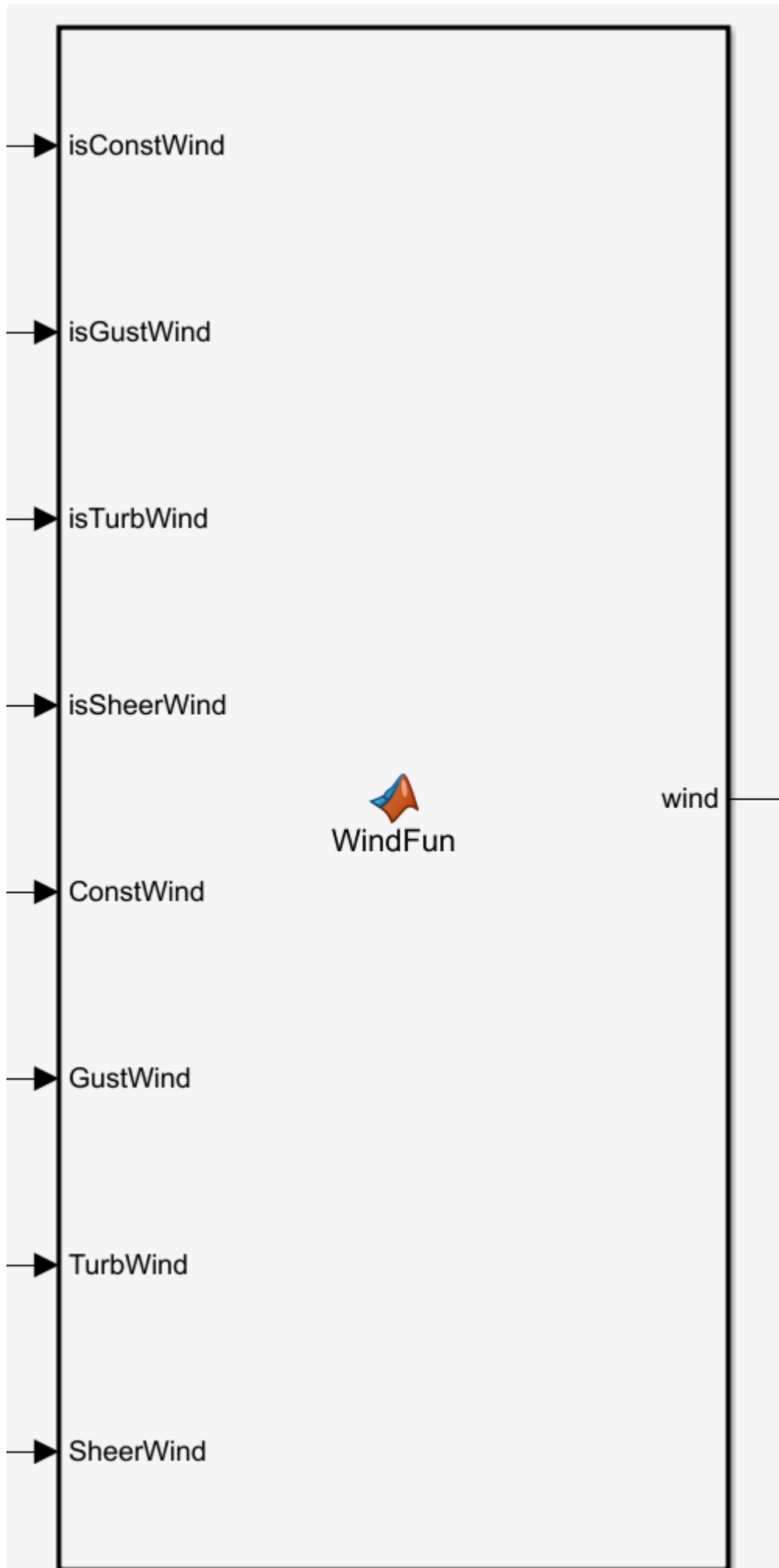


```
function y = fcn(NoiseParams, Noise, isNoiseFault)

    y = [0;0;0];
    if isNoiseFault
        Param_GlobalNoiseGainSwitch=NoiseParams(1);
        y=Noise* Param_GlobalNoiseGainSwitch;
    end
end
```

功能	根据噪声参数和噪声故障标志来调整噪声数据。
输入	
NoiseParams	一个向量或数组, 包含了噪声参数。在这个函数中, NoiseParams(1)表示访问这个向量的第一个元素, 这个元素被用来作为全局噪声增益开关。
Noise	一个向量, 代表了噪声数据。
isNoiseFault	这是一个逻辑输入参数, 用来指示是否存在噪声故障。
输出	
y	默认情况下, y被初始化为[0;0;0]。如果isNoiseFault为true, 则y会被计算为Noise乘以Param_GlobalNoiseGainSwitch。

内部模块WindFun结构图 及其解释:



```

function wind = WindFun(isConstWind, isGustWind, isTurbWind, isSheerWind, ConstWind, GustWind, TurbWind, SheerWind)
wind=[0;0;0];
if isConstWind
    wind=[ConstWind(1);ConstWind(2);ConstWind(3)];
elseif isGustWind
    wind=GustWind;
elseif isTurbWind
    wind=TurbWind;
elseif isSheerWind
    wind=SheerWind;
end

```

功能	根据不同的风速模式（常风、阵风、湍流风、切变风）来确定输出的风速向量。
输入	
isConstWind	指示是否使用常风模式。如果为true，表示使用常风模式。
isGustWind	指示是否使用阵风模式。如果为true，表示使用阵风模式。
isTurbWind	指示是否使用湍流风模式。如果为true，表示使用湍流风模式。
isSheerWind	指示是否使用切变风模式。如果为true，表示使用切变风模式。
ConstWind	常风模式下的风速向量 [wind_x, wind_y, wind_z]。
GustWind	阵风模式下的风速向量。
TurbWind	湍流风模式下的风速向量。
SheerWind	切变风模式下的风速向量。
输出	
wind	输出的风速向量，根据输入参数确定的风速模式生成的风速。

主要要求掌握：

环境风故障注入模块的功能及其实现。

说明文档	说明文档链接以及地址
simulink中WindFault模块	<a href="http://PX4PSP/RflySimSDK/html/md_phm_2md_2Environment_01FaultModel.html">PX4PSP/RflySimSDK/html/md_phm_2md_2Environment_01FaultModel.html</a>
<a href="#">FaultInjectAPITest.py</a>	<a href="http://PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py\readme.pdf">PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py\readme.pdf</a>
PX4MavCtrlV4库	<a href="http://PX4PSP/RflySimSDK/html/PX4MavCtrlV4_8py.html">PX4PSP/RflySimSDK/html/PX4MavCtrlV4_8py.html</a>

## 2. 实验效果

## 3. 文件目录

例程目录：[\[安装目录\]](#)\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\1.BasicExps\e5\_WindFault

文件夹/文件名称	说明
MulticopterModel.slx	故障注入模块的最大模板模型文件。
MulticopterModelHITL.bat	硬件在环仿真批处理文件。
MulticopterModelSITL.bat	软件在环仿真批处理文件。
GenerateModelDLLFile.p	DLL格式转化文件。
Init.m	动力学模型相关参数。
Python38Run.bat	Python程序执行脚本。
<a href="#">FaultInjectAPITest.py</a>	故障注入程序。

## 4. 运行环境

### 4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB 2022B及以上版本。

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。

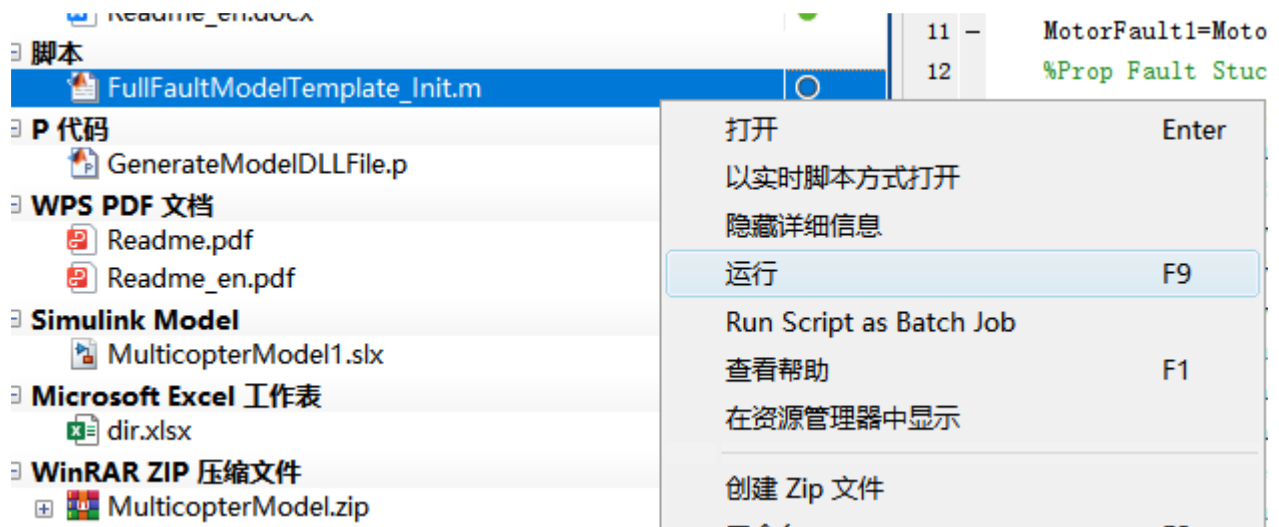
①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

# 5. 实验步骤

## 5.1. 必做实验

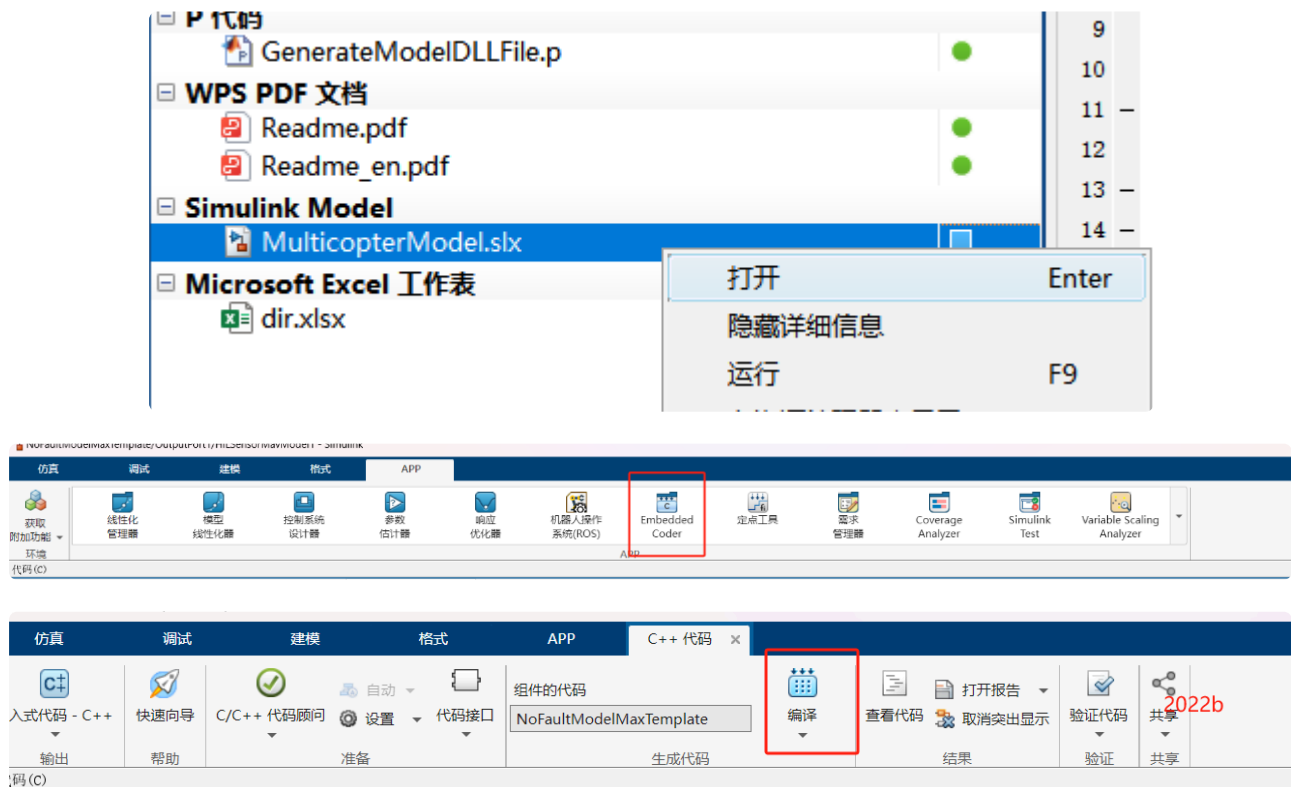
### Step 1: 初始化数据

打开“FullFaultModelTemplate\_Init.m”文件并运行。



### Step 2: 编译文件

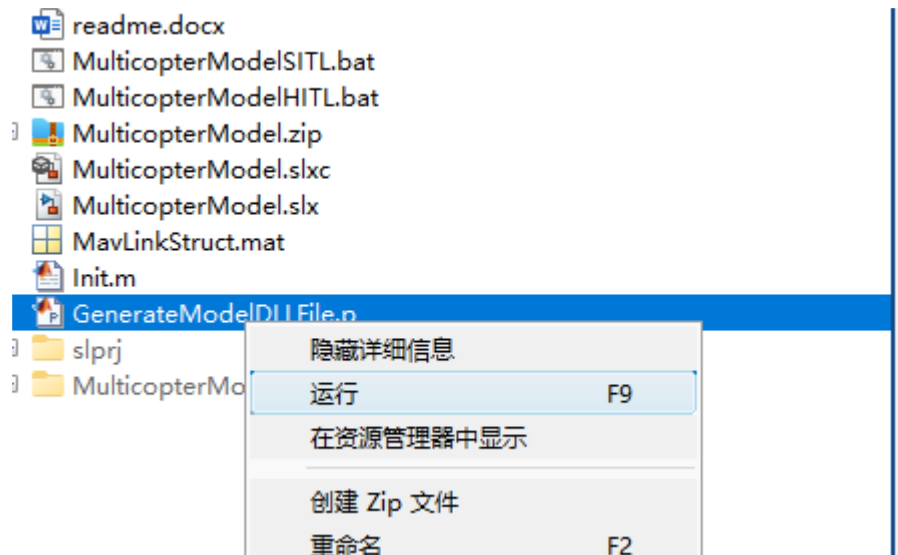
打开“MulticopterModel.slx” Simulink 文件，点击Build Model 按钮生成代码。



注：如果故障模块版本错误，无法编译，需要从故障模块库中选择对应的模块进行替换。

### 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。



### Step 4: 运行软件在环仿真

以管理员身份运行软件在环脚本。



### Step 5: 打开python文件，修改故障参数

打开Visual Studio

Code，选择打开文件夹，打开文件夹

RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4\_FaultInjectAPITest\_py。



对FaultInjectAPITest.py其中的故障注入代码按照 RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4\_FaultInjectAPITest\_py中的 FaultInjectAPITest\_py中的故障注入代码更改为环境风模块故障（环境风模块故障注入代码可以查看参考文献），并对故障参数进行修改。如下为强度15的紊流风（具体修改方法可以参考e4\_FaultInjectAPITest\_py文件夹中的readme）

```
# silInt[0:2]=[123450,123450]
# silFloat[0:4]=[0,0,0,0]

silInt[0:1]=[123540]
silFloat[0:2]=[15,0]
```

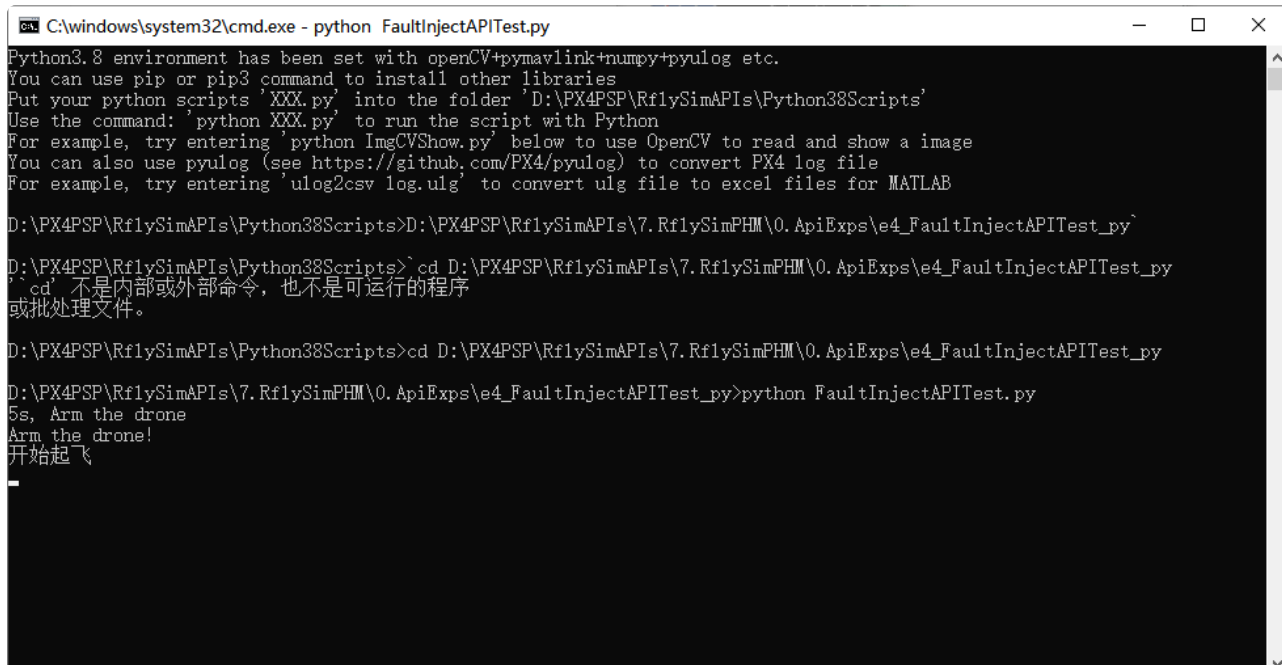
注：环境风故障包括常风故障、阵风故障、紊流风故障、切向风故障四种

文件中的silFloat已经修改好，可以直接运行注入例程对应故障。

## Step 6: 运行python文件实现故障注入

在文件夹下，双击Python38Run.bat，打开集成好的python环境，在该环境下运行 FaultInjectAPITest.py文件，输入 `python FaultInjectAPITest.py`，运行FaultInjectAPITest.py。

```
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put Python38Run.bat into your code folder
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python
D:\PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest.py>python FaultInjectAPITest.py
```



```
C:\windows\system32\cmd.exe - python FaultInjectAPITest.py
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put your python scripts 'XXX.py' into the folder 'D:\PX4PSP\RflySimAPIs\Python38Scripts'
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python
For example, try entering 'python ImgCVShow.py' below to use OpenCV to read and show a image
You can also use pyulog (see https://github.com/PX4/pyulog) to convert PX4 log file
For example, try entering 'ulog2csv log.ulg' to convert ulg file to excel files for MATLAB
D:\PX4PSP\RflySimAPIs\Python38Scripts>D:\PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py
D:\PX4PSP\RflySimAPIs\Python38Scripts>`cd D:\PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py
'cd' 不是内部或外部命令，也不是可运行的程序
或批处理文件。
D:\PX4PSP\RflySimAPIs\Python38Scripts>cd D:\PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py
D:\PX4PSP\RflySimAPIs\7.RflySimPHM\0.ApiExps\e4_FaultInjectAPITest_py>python FaultInjectAPITest.py
5s, Arm the drone
Arm the drone!
开始起飞
```

然后可以看到无人机已经注入故障，受紊流干扰左右摇摆



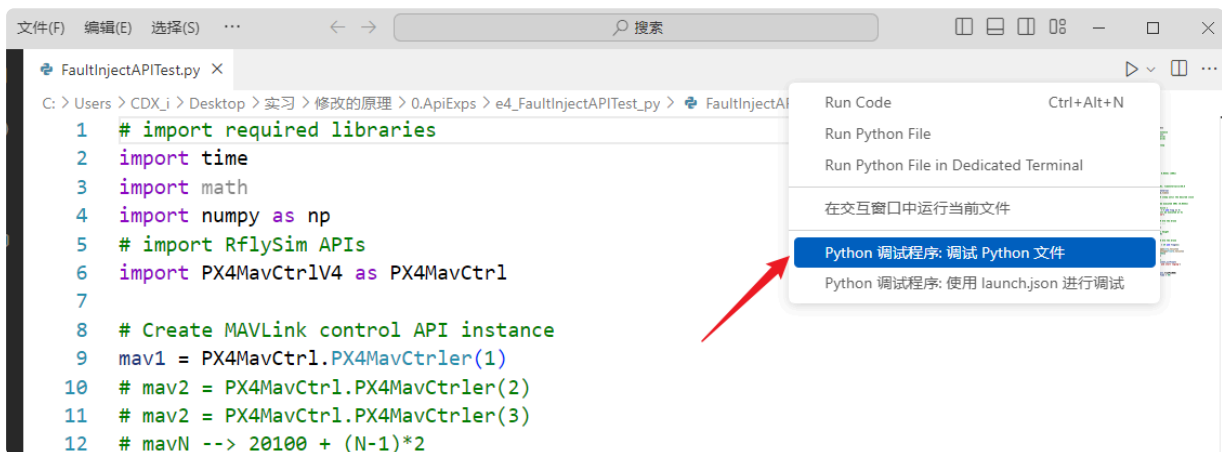
## 5.2. 选作实验 (VS Code调试运行)

准备工作:

- 先确保已经按 [RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\3.PythonConfig\Readme.pdf](#) 步骤，正确配置VS Code环境。或者配置了自己的Pycharm等自定义Python环境。
- 其他步骤与上文相同，在运行FaultInjectAPITest.py时，可使用VS Code（或Pycharm等工具）来打开FaultInjectAPITest.py文件，并阅读代码，修改代码，调试执行等。

### 扩展实验：

- 请自行使用VS Code阅读FaultInjectAPITest.py源码，通过程序跳转，了解每条代码的执行原理；再通过调试工具，验证每条指令的执行效果。



## 6.参考资料

故障ID及对应参数见<../..../RflySimSDK/html/md\_phm\_2md\_2Faultinject.html>

## 7.常见问题

Q1: \*\*\*

A1: \*\*\*