

| CopterSim导入DLL实验

| 1. 实验目的

了解如何将自己的载具运动学DLL模型，导入到CopterSim中，并使用自己的模型进行软、硬件在环仿真。

| 2. 实验要求

- 软件要求：Win10/Win11系统；RflySim工具链；飞控仿真套装（可选）。

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>

- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台。

推荐配置请见：<https://rflysim.com/doc/zh/HowToInstall.pdf>

| 3. 实验地址

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e2_DLL-Load](#)

- [AircraftMathworks.dll](#)：固定翼DLL模型文件
- [AircraftMathworks_HITLRun.bat](#)：自动导入DLL的固定翼一键硬件在环仿真脚本
- [AircraftMathworks_SITLRun.bat](#)：自动导入DLL的固定翼一键软件在环仿真脚本
- [Exp1_MinModelTemp.dll](#)：多旋翼DLL模型文件
- [Exp1_MinModelTemp_HITL.bat](#)：自动导入DLL的多旋翼一键硬件在环仿真脚本
- [Exp1_MinModelTemp_SITL.bat](#)：自动导入DLL的多旋翼一键软件在环仿真脚本

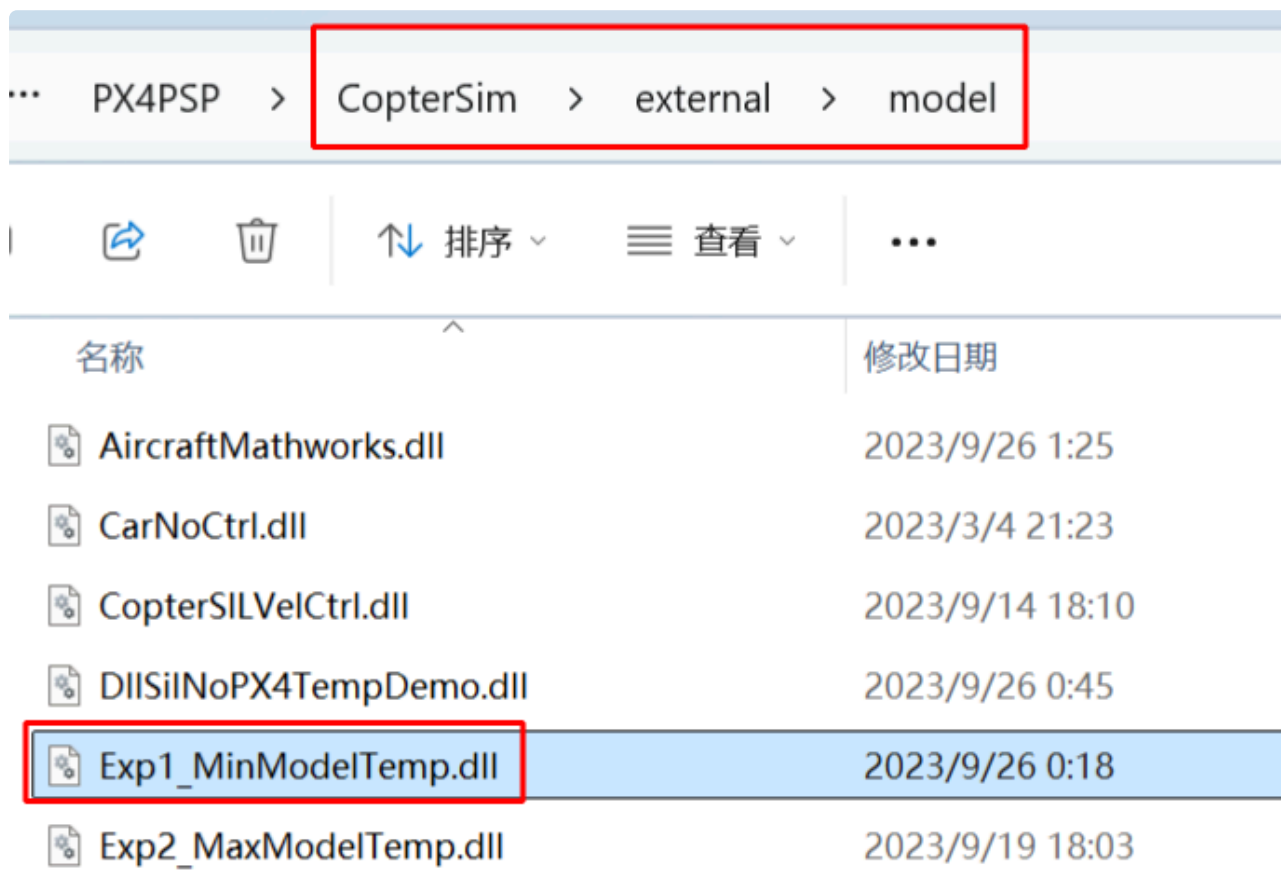
| 4. 实验内容或步骤

本实验分为六个小实验，其中前两个实验为必做实验，后四个为选做实验。

4.1 步骤1：手动导入多旋翼DLL模型并软件在环仿真实验（必做）

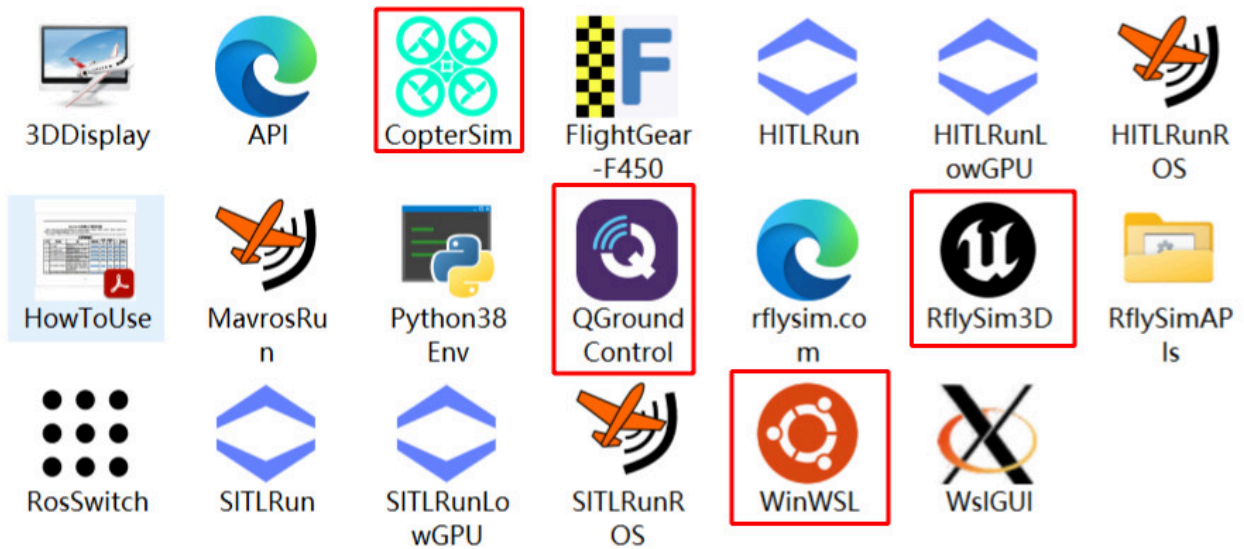
Step 1：拷贝DLL模型到CopterSim安装目录

复制例程文件夹中的四旋翼DLL模型文件Exp1_MinModelTemp.dll文件到"[RflySim安装目录]\CopterSim\external\model"文件夹中。注："[RflySim安装目录]"默认为"C:\PX4PSP"，请根据RflySim工具链的实际安装路径来确定。



Step 2：手动打开相关软件

进入"桌面\RflyTools"文件夹，分别打开CopterSim（模型仿真软件）、QGroundControl（地面站软件）、RflySim3D（三维仿真软件）、WinWSL（PX4固件编译环境）。

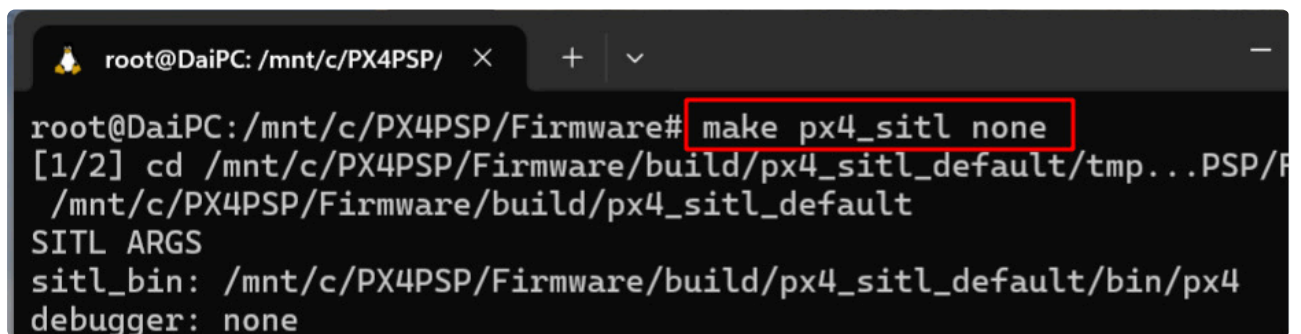


Step 3: CopterSim中选中DLL模型并开始仿真

在CopterSim中，按如下图方式配置（使用Exp1_MinModelTemp模型+PX4_SITL仿真模式+VisionRingBlank地图），并点击"开始仿真"。



在WinWSL窗口中，输入"make px4_sitl none"，并按下回车，开始软件在环仿真。



Step 4: 控制飞机起飞

此时进入QGroundControl，可以发现已经自动连上飞机，通过起飞按钮，可以控制飞机起飞。观察到下图现象说明实验成功。

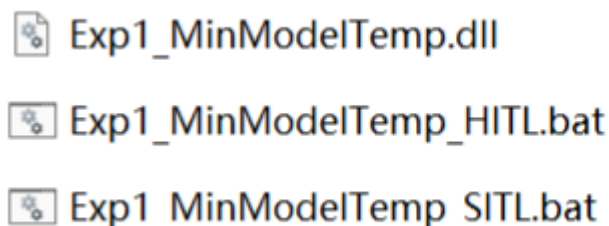


注意：请保证CopterSim始终保持在前台运行，避免优先级被系统削减而发送仿真抖动。

4.2 步骤2：自动bat导入多旋翼DLL模型并软件在环仿真实验（必做）

Step 1：确保DLL模型和bat脚本在同一目录

在本例程中，[Exp1_MinModelTemp_SITL.bat](#)和[Exp1_MinModelTemp.dll](#)已经放在同一文件夹目录下。



Step 2：配置bat脚本满足自动拷贝DLL模型要求

用文本编译器（记事本或VS Code等）打开"[Exp1_MinModelTemp_SITL.bat](#)"，可以看到一下关键配置和手动修改CopterSim的配置相同。核心步骤是以下命令。

```
set DLLModel=Exp1_MinModelTemp # 使用自定义多旋翼DLL模型
```

```
set SimMode=2 # 使用SITL_RFLY软件在环仿真（支持多机）
```

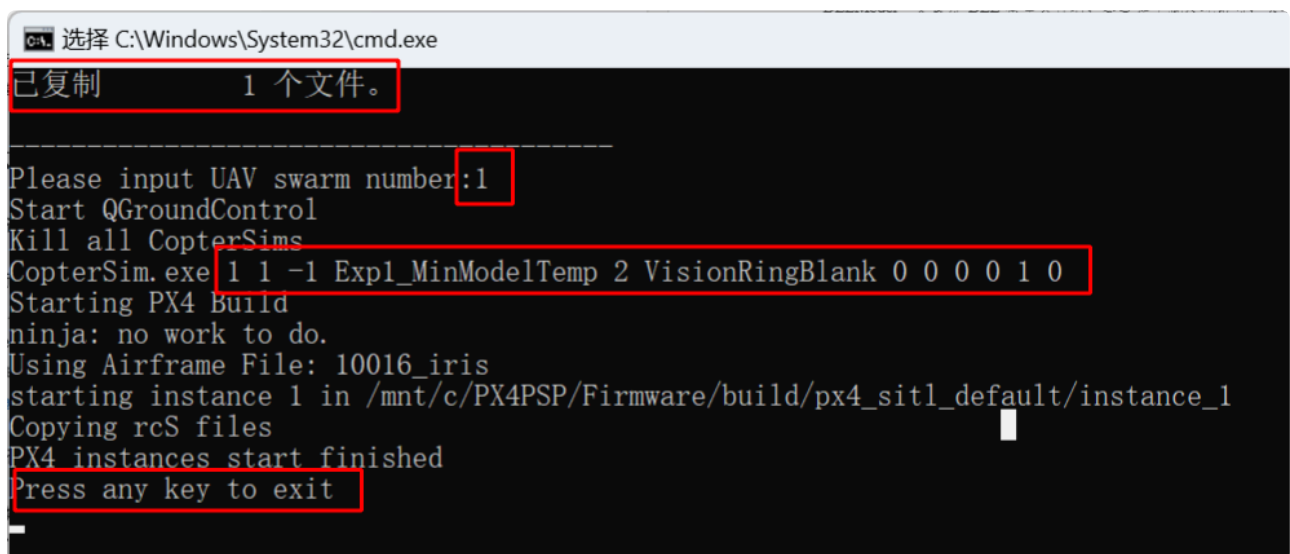
set PX4SITLFrame=iris # 使用PX4的iris四旋翼控制器与参数

SET UE4_MAP=VisionRingBlank # 使用草地场景

```
24
25 REM Set use DLL model name or not, use number index or name string
26 REM This option is useful for simulation with other types of vehicles instead of multic
27 set DLLModel=Exp1_MinModelTemp 修改DLLModel为DLL模型名字
28
29 REM Check if DLLModel is a name string, if yes, copy the DLL file to CopterSim folder
30 SET /A DLLModelVal=DLLModel
31 if %DLLModelVal% NEQ %DLLModel% (
32     REM Copy the latest dll file to CopterSim folder
33     copy /Y "%~dp0"%DLLModel%.dll %PSP_PATH%\CopterSim\external\model\%DLLModel%.dll
34 )
35
36 REM Set the simulation mode on CopterSim, use number index or name string
37 REM e.g., SimMode=2 equals to SimMode=PX4_SITL_RFLY
38 set SimMode=2 启用SITL软件仿真模式
--
```

Step 3: 运行bat脚本开始仿真

双击"Exp1_MinModelTemp_SITL.bat", 并输入飞机数量"1", 然后回车, 开启一个飞机的软件在环仿真。



```
C:\Windows\System32\cmd.exe
已复制 1 个文件。
-----
Please input UAV swarm number:1
Start QGroundControl
Kill all CopterSims
CopterSim.exe 1 1 -1 Exp1_MinModelTemp 2 VisionRingBlank 0 0 0 0 1 0
Starting PX4 build
ninja: no work to do.
Using Airframe File: 10016_iris
starting instance 1 in /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default/instance_1
Copying rcS files
PX4 instances start finished
Press any key to exit
```

可以看到CopterSim界面上的配置, 和bat脚本中期望值相同。



Step 4: 起飞并观察实验结果

后续步骤和现象与实验4.1完全相同，请自行测试。

4.3 步骤3: 多旋翼硬件在环仿真（扩展实验，选作）

本实验需要准备1个飞控并配置好四旋翼的硬件在环仿真，具体配置方法可参考 [1.RflySimIntro\2.AdvExps\2.FCUIIntro\Readme.pdf](#)

实验提示1: 请用VS Code打开" [Exp1_MinModelTemp_HITL.bat](#) "查看如下关键修改项目:

```
set DLLModel=Exp1_MinModelTemp # 使用自定义多旋翼DLL模型
```

```
set SimMode=0 # 使用PX4_HITL硬件在环仿真模式
```

```
SET UE4_MAP=VisionRingBlank # 使用草地场景
```

实验提示2: 插入飞控，运行" [Exp1_MinModelTemp_HITL.bat](#) "，并输入串口号，就能进行硬件在环仿真。CopterSim主界面的显示项目如下:



注: "飞控选择"项目中, COM口序号, 每台电脑、每次仿真都可能有所区别, 不一定和图中COM4吻合。

实验提示3: 其他步骤与现象和实验4.1完全相同。

请自行完成实验并记录实验结果。

4.4 步骤4: 固定翼DLL模型导入实验（扩展实验，选作）

固定翼的相关航线配置可参考 [2.RflySimUsage\0.ApiExps\2_FWConfig\Readme.pdf](#)

实验提示1: 固定翼软件在环仿真脚本，需要配置如下关键参数

```
set DLLModel=AircraftMathworks # 固定翼DLL模型
```

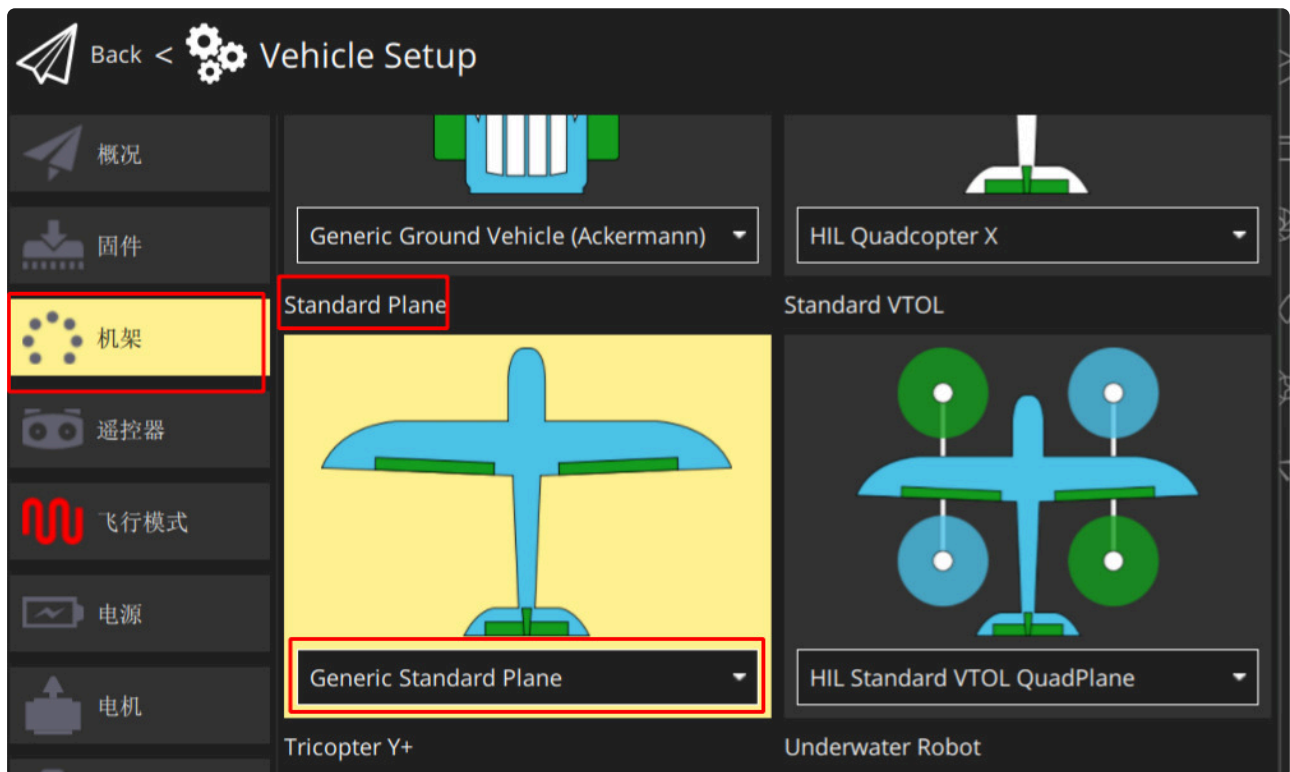
```
set PX4SITLFrame=standard_plane # PX4固定翼控制机架
```

```
SET UE4_MAP=OldFactory # 选择旧工厂的场景
```

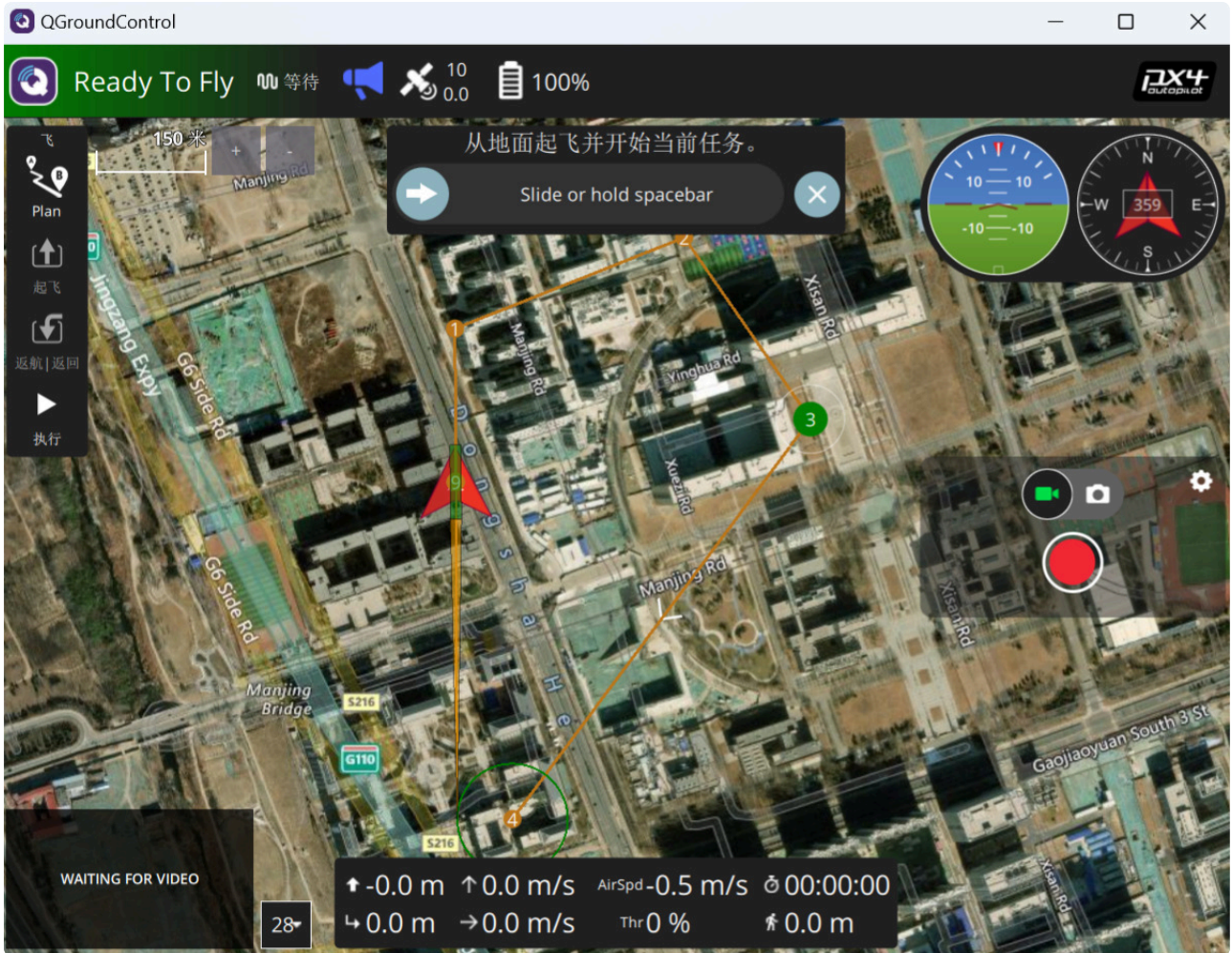
```
SET /a ORIGIN_POS_X=-250 # 修改飞机位置，配置到跑道上
```

```
SET /a ORIGIN_POS_Y=-119 # 修改飞机位置，配置到跑道上
```

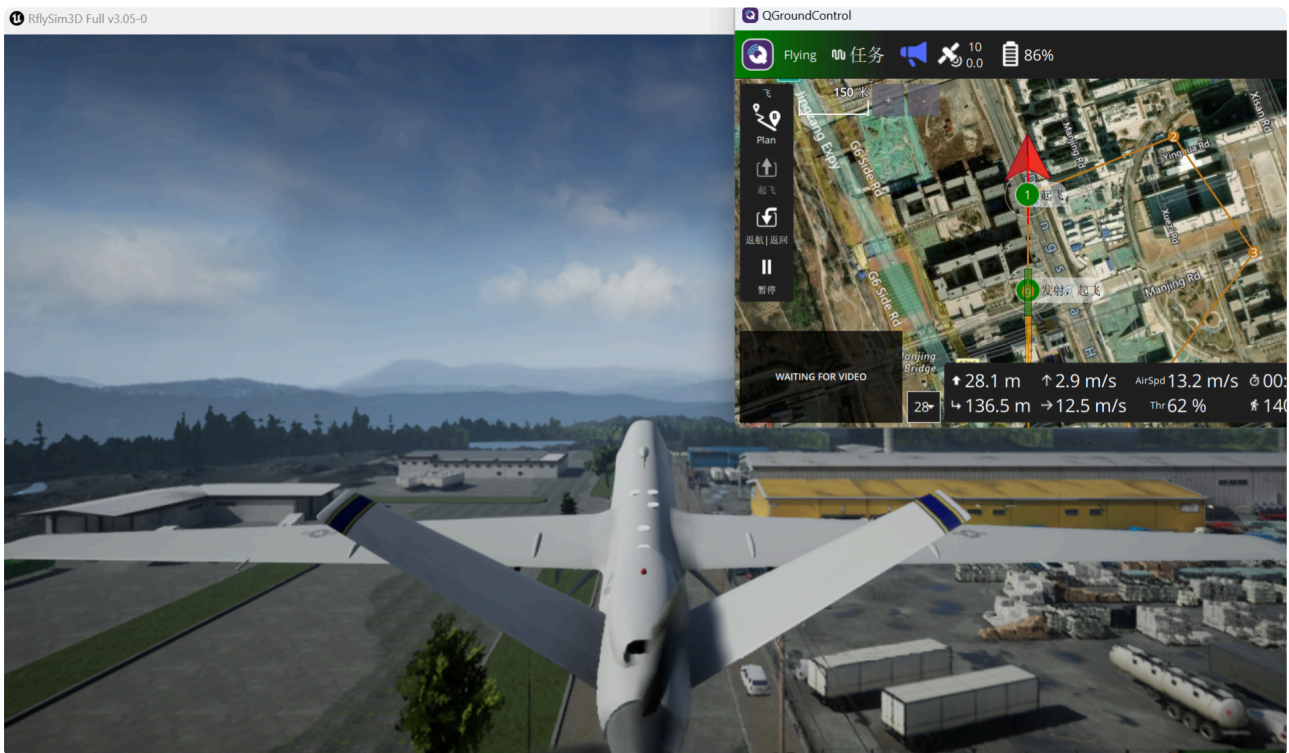
实验提示2: 固定翼硬件在环仿真，需要修改飞控机架为固定翼模式。



实验提示3: 固定翼需要在QGroundControl地面站中，规划合适的起飞、航点与降落的航线配置，才能正常仿真。



实验现象： 固定翼起飞，并按预设航线飞行，最后降落。



请自行尝试：手动软/硬件在环仿真、bat脚本自动软/硬件在环仿真、遥控器控制固定翼飞行等实验。

5. 关键知识点

5.1 关键知识点1

本实验主要展示将已开发好的DLL模型文件导入CopterSim进行仿真方法。具体地DLL模型的开发与生成方法可参考后续第4讲载具建模章节内容，本实验以一个四旋翼的模型（Exp1_MinModelTemp.dll，详见[4.RflySimModel\1.BasicExps\e0_MinModelTemp\Readme.pdf](#)）和一个固定翼的模型（AircraftMathworks.dll，详见[4.RflySimModel\1.BasicExps\e2_FixWingModelCtrl\Readme.pdf](#)）为例子来展示不同模型的加载方法。

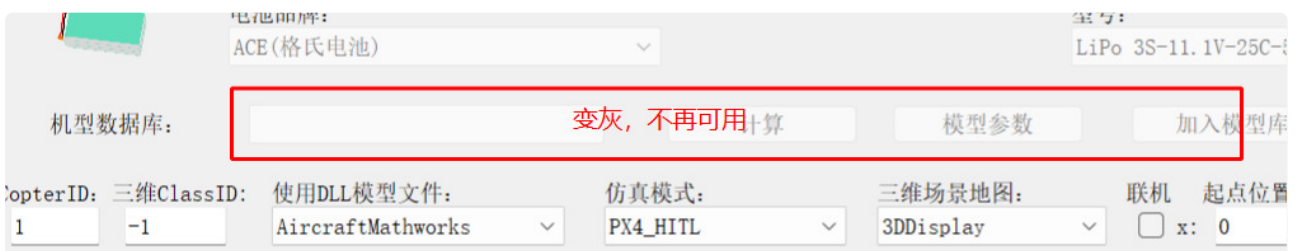
5.2 关键知识点2

DLL模型的加载方法分为手动加载和bat脚本自动加载两种。

1) 手动加载方式：需要将DLL模型拷贝到"[RflySim安装目录]\PX4PSP\CopterSim\external\model"文件夹，并在CopterSim主界面的"使用DLL模型文件"选项选择导入的模型。



注：在选中一个DLL模型后，主界面的模型计算、参数配置等功能将会被禁用，因为后续仿真将会使用导入的自定义DLL模型进行软/硬件在环仿真，而不会再使用CopterSim主界面的多旋翼配置模型。这种方式可以支持任意载具模型的导入与仿真。



2) 自动加载方式：需要将DLL模型拷贝到和bat脚本同一目录，并配置bat脚本中"DLLModel"变量为DLL模型文件名，通过如下批处理语句，实现自动复制到"[RflySim安装目录]\PX4PSP\CopterSim\external\model"目录的功能。

```

REM Set use DLL model name or not, use number index or name string
REM This option is useful for simulation with other types of vehicles instead of multic
set DLLModel=AircraftMathworks 赋值DLL模型文件名

REM Check if DLLModel is a name string, if yes, copy the DLL file to CopterSim folder
SET /A DLLModelVal=DLLModel
if %DLLModelVal% NEQ %DLLModel% (
    REM Copy the latest dll file to CopterSim folder 自动拷贝代码
    copy /Y "%~dp0"\%DLLModel%.dll %PSP_PATH%\CopterSim\external\model%\%DLLModel%.dll
    拷贝到CopterSim\external\model目录
)

```

6. 参考资料

1. CopterSim界面介绍

模型配置区：可以配置定制多旋翼的构型、尺寸、重量等数据，实现不同机型的仿真。

仿真功能区：支持设置飞机的ID、通信接口、仿真模式、三维场景、分布式联机、地图初始位置、飞控COM口选择、通信模式等配置；同时可以控制仿真的开始、暂停和重新启动。

状态显示区：左侧会显示模型和Pixhawk回传状态，右边是模型的仿真数据。



本机ID：每个飞机的唯一ID

3DClassID：飞机三维样式重映射选项，如果设为-1，则会使用CopterSim或DLL模型中默认的样式（对应RflySim3D的XML中ClassID标号）；如果设为其他值，则会重映射为本ID。这里的"三维ClassID"可以设置成"子样式ID*100000 + 大类 ClassID"的形式。例如，ClassID=3表示四旋翼大类，四旋翼下有很多的四旋翼样式小类，可以用100003表示ClassID=3的四旋翼下的 vehicleType=1的x330样式。



仿真模式：硬件在环、软件在环等模式选择

三维地图场景：可下拉选择平台内置的各种三维地图。

联机：勾选即为进行局域网联机。

起点位置：可自定义设置起始位置，也可自定义设置GPS坐标（限完整版编辑），可以通过GPS坐标设定飞机的起始位置，适用于全球大地图仿真模式。

飞控选择：飞控串口号

波特率（限完整版编辑）：新增，支持设定飞控USB仿真的波特率，本模式用于支持飞控通过串口连接时，线缆过长，需要使用低波特率的场景，例如，连接转台场景。

飞控选择：Pixhawk串口号

三维场景显示：可以控制RflySim3D显示的地图

联机：是否与局域网内其他电脑通信，组成分布式仿真系统

UDP Mode: 外部程序通信时数据模式, 可选Mavlink或自定义UDP结构体

7. 常见问题

Q1: 如何将自定义的DLL模型导入CopterSim?

A1: 有两种方法可以导入DLL模型:

- 1) 手动加载方式: 将DLL模型拷贝到"[RflySim安装目录]\PX4PSP\CopterSim\external\model"文件夹, 并在CopterSim主界面的"使用DLL模型文件"选项选择导入的模型;
- 2) 自动加载方式: 将DLL模型拷贝到和bat脚本同一目录, 并配置bat脚本中"DLLModel"变量为DLL模型文件名, 通过批处理语句, 实现自动复制到"[RflySim安装目录]\PX4PSP\CopterSim\external\model"目录的功能。

Q2: 手动加载和自动加载有什么区别?

A2: 手动加载需要将DLL模型复制到指定目录, 然后在CopterSim界面中手动选择; 自动加载通过bat脚本自动完成复制和加载过程, 更加方便快捷。此外, 选中DLL模型后, CopterSim主界面的模型计算、参数配置等功能会被禁用, 因为后续仿真将使用导入的自定义DLL模型进行仿真。

Q3: 如何区分软在环仿真(SITL)和硬在环仿真(HITL)?

A3: 软在环仿真(SITL)是指纯软件仿真, 没有真实的飞控硬件参与; 硬在环仿真(HITL)则是使用真实的飞控硬件参与仿真。在配置时, SITL通常设置SimMode=2, 而HITL设置SimMode=0。HITL需要连接实际的飞控硬件并通过串口进行通信。