



---

# 智能无人集群系统开发与实践

## 基于RflySim工具链的全栈开发案例

### 第4讲 载具运动建模与仿真



## 本讲例程学习路线

本讲例程主要介绍无人系统载具的控制模型搭建、RflySim平台模型开发流程等。

本讲例程都位于如下目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\](#)

该目录最外层的四个文件包含了对本讲例程的总体介绍

## 本讲例程总体介绍文件

文件名称	简介	文件地址
载具运动建模与仿真API文件	载具运动建模与仿真开发所使用的全部API接口文档	<a href="#">API.pdf</a>
载具运动建模与仿真课件	该文件全面的讲解了基于RflySim平台的载具运动建模与仿真开发的实验以及效果展示。	<a href="#">PPT.pdf</a>
载具运动建模与仿真入门介绍	载具运动建模与仿真开发的核心功能介绍	<a href="#">Intro.pdf</a>
载具运动建模与仿真例程索引	包含本讲全部例程的索引	<a href="#">index.pdf</a>



## 本讲例程学习路线

本课件针对本讲例程结构，将分为下面六个小节进行讲解：实验平台配置及仿真流程、统一建模框架及对应接口、模型接口调用实验、基础建模仿真案例、进阶建模仿真案例、扩展模型接口及建模仿真案例。

## 本讲例程结构

文件夹名称	简介	文件地址
实验平台配置及模型接口调用实验	本文件夹中的所有实验均为本讲中接口使用类的实验，旨在帮助用户快速熟悉本讲各种接口以便于后续实验开发。	<a href="#">0.ApiExps\index.pdf</a>
基础建模仿真案例	本文件夹中的所有实验均为本讲中基础性的功能实验，用户可快速上手熟悉一些简单的功能性实验，本讲中包含有最小模板使用介绍、固定翼无人机软硬件在环仿真、阿克曼底盘无人车模型代码生成及软硬件在环仿真等。	<a href="#">1.BasicExps\index.pdf</a>
进阶建模仿真案例	本文件夹中的所有实验均为本讲中进阶的实验，基于0.ApiExps、1.BasicExps文件夹中的实验，用户在已经熟悉基于RflySim平台开发本章中的实验，该文件夹中的实验均为本讲的进阶例程，如：平台建模模板之最大模板使用介绍、固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)等等。	<a href="#">2.AdvExps\index.pdf</a>
扩展模型接口及建模仿真案例	本文件夹中的所有实验均为部分项目中的拆解实验，相比其他文件夹中的实验，该文件夹中的实验更加完整、复杂，满足更多的项目或者科研需求。	<a href="#">3.CustExps\index.pdf</a>



# 大纲

1. 实验平台配置及仿真流程
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



飞思实验室



RflySim教程



# 1.实验平台配置及仿真流程

## 1.0 实验平台配置例程总览

本节主要介绍模型仿真验证所需平台配置，以及仿真验证的基本流程，具体学习思路参见：

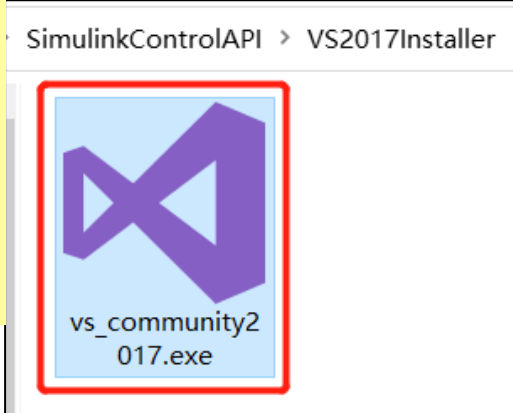
[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\Intro.pdf](#)

知识点	实现例程
如何将所需控制器固件集成到基于PX4固件编译工具链的仿真环境	<a href="#">1.PX4FirmwareGen\Intro.pdf</a>
如何将Simulink搭建的动力学模型编译生成可以移植到嵌入式平台的C/C++代码以生成dll模型	<a href="#">2.UserDefinedC++\Intro.pdf</a>
如何在不退出仿真的情况下快捷实现初始仿真设置重设	<a href="#">4.InitAPI\Intro.pdf</a>



# 1.实验平台配置（代码生成配置）

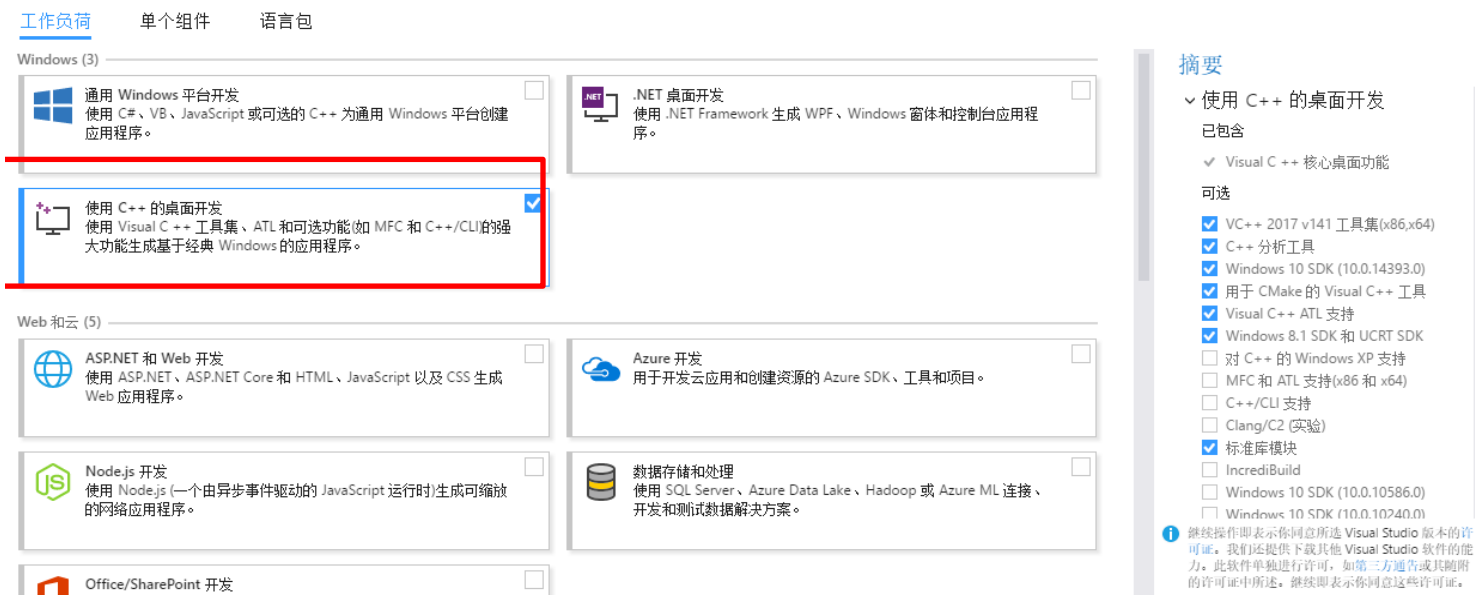
注：本小节较多例子都需要使用VS编译器，推荐提前安装。  
注：VS编译器也可以用其他版本，MATLAB能识别即可



## 1.1安装Visual Studio编译器

- 后续课程很多地方都需要用到Visual Studio编译器，例如MATLAB S-Function Builder模块的使用、Simulink自动生成C/C++模型代码等
- 这里推荐安装Visual Studio 2017，在线安装步骤（需联网）如下：启动
- “RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\e6\_VisualStudioInstall\vs\_community2\_017.exe”

- 本讲内容只需勾选右图的“C++的桌面开发”即可。
- 注意：高版本MATLAB也可安装VS2019，但是MATLAB只能识别到小于等于自己版本的Visual Studio，因此MATLAB 2017b无法识别VS 2019。
- 注意：请不要不要更改VS默认安装目录（例如装到D盘），会导致MATLAB无法识别。





# 1.实验平台配置（代码生成配置）

## 1.1 MATLAB编译器安装确认

- 在MATLAB的命令行窗口中输入指令“**mex -setup**”
- 一般来说会自动识别并安装上VS 2017编译器，如右图所示显示“**MEX配置使用‘Microsoft Visual C++ 2017’以进行编译**”说明安装正确
- 若有其他编译器，本页面还可以切换选择 VS 2013/2015等其他编译器

```
命令行窗口
>> mex -setup
MEX 配置为使用 'Microsoft Visual C++ 2017 (C)' 以进行 C 语言编译。
警告: MATLAB C 和 Fortran API 已更改, 现可支持
包含 2^32-1 个以上元素的 MATLAB 变量。您需要
更新代码以利用新的 API。
您可以在以下网址找到更多的相关信息:
http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab\_external/upgrading-mex-files-to-use-64-bit

要选择不同的 C 编译器, 请从以下选项中选择一种命令:
Microsoft Visual C++ 2013 (C) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2013.xml C
Microsoft Visual C++ 2015 (C) mex -setup:D:\MATLAB\R2017b\bin\win64\mexopts\msvc2015.xml C
Microsoft Visual C++ 2017 (C) mex -setup:C:\Users\dream\AppData\Roaming\MathWorks\MATLAB\R2

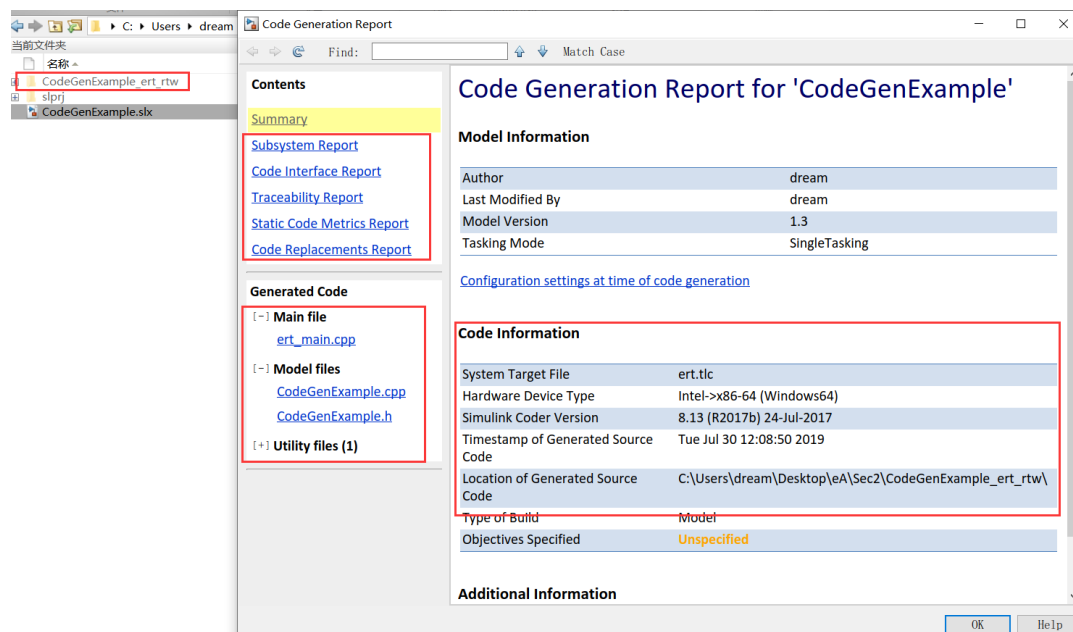
要选择不同的语言, 请从以下选项中选择一种命令:
mex -setup C++
mex -setup FORTRAN
fx >>
```



# 1.实验平台配置（代码生成配置）

## 1.1 RflySim平台自主生成C/C++代码实验

通过该系列例程介绍如何将Simulink模型生成为可读、紧凑且快速的C和C++代码，重点介绍了MATLAB/Simulink的Embedded Coder模块的使用方法，具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\2.UserDefinedC++\Intro.pdf](#)。





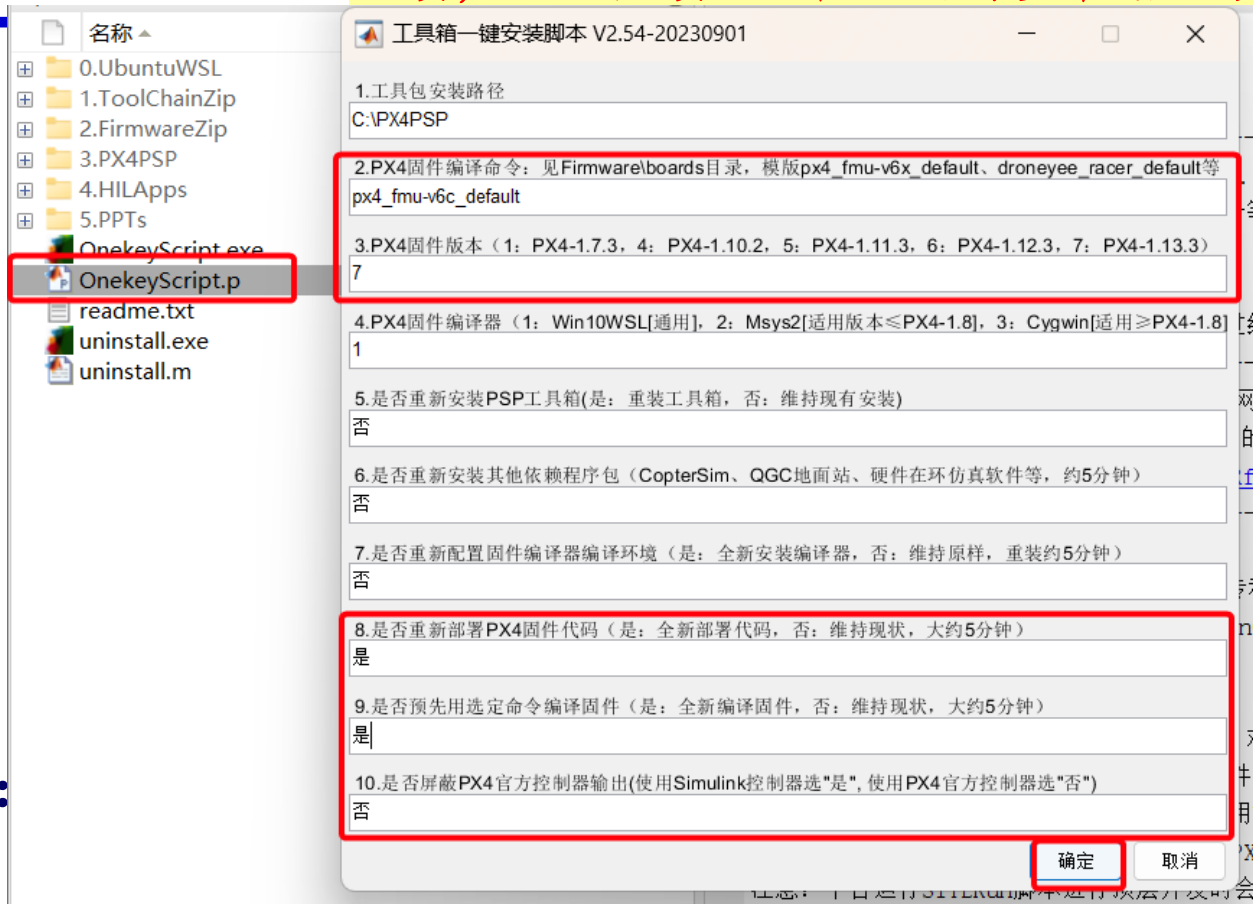


# 1.实验平台配置（飞控固件生成）

注：本平台支持在CopterSim上配置参数的方式，仿真不同多旋翼的模型；也支持在Simulink中开发飞机模型，并通过DLL模型导入方式，实现不同多旋翼，甚至固定翼、小车、小船等多样载具仿真。

## 1.2 Pixhawk 6C飞控仿真环境还原

- 重新运行平台的一键安装脚本“**OnekeyScript.p**”
- PX4 固件编辑命令：“**px4\_fmu-v6c\_default**”
- 确保当前的PX4固件版本为7，即PX4版本为：**1.13.3**。
- 是否重新部署px4固件代码(8)、是否预先用选定命令编译固件(9)、是否屏蔽PX4官方控制输出(10)分别选择：“是”、“是”、“否”。
- 如果上述条件满足，直接退出安装脚本即可。如果上述条件不满足，需要配置合适选项，点击确定，进行环境调整。其他飞控配置仅需修改PX4固件编辑命令(2)，即可完成仿真环境还原。





# 1.实验平台配置（飞控固件生成）

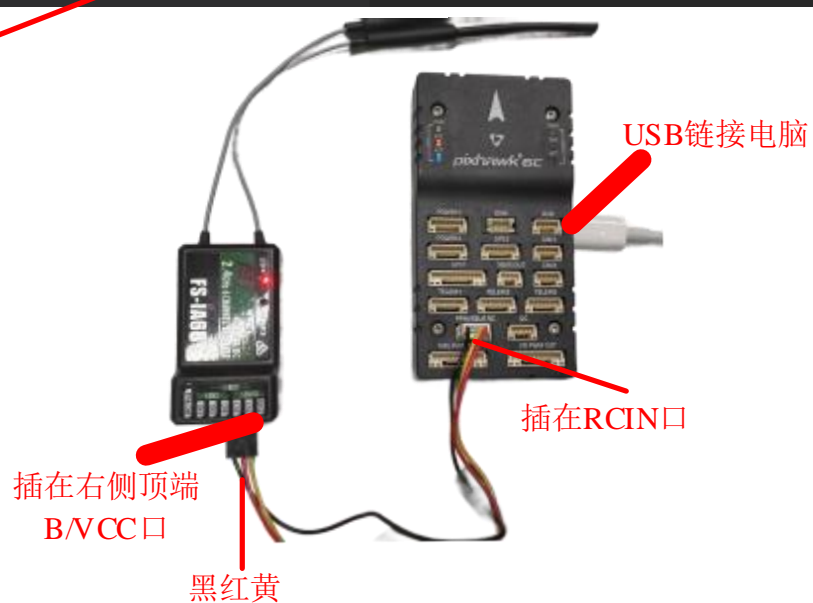
注意1：本小节例子需要使用PX4的官方固件，任意版本均可，这里选择了最新固件

注意2：如果手头没有Pixhawk自驾仪硬件，可以跳过飞控硬件配置内容，直接进行软件在环仿真

## 1.2 飞控固件还原

本小节例子需要使用PX4的官方固件，如果使用的是Simulink生成的自定义控制器，请按本页步骤还原固件：

- 1) 打开QGC地面站软件，断开Pixhawk；
- 2) 如右图上所示，点击工具栏**齿轮图标**进入载具设置页面，再点击“Firmware”（固件）标签进入固件烧录页面；
- 3) 用USB线连接Pixhawk自驾仪到电脑，此时软件会自动识别Pixhawk硬件，如右图所示所示，在界面右侧弹出固件配置窗口，勾选第一项“PX4 \*\*\*”，然后点击“确定”，QGC开始自动下载（需联网，无法联网请参考下一页使用本地固件）并安装最新的PX4固件到Pixhawk中；





# 1.实验平台配置（飞控固件生成）

## 1.2飞控固件还原

该固件可通过QGroundControl的“固件设置-高级设置-自定义固件文件-选择之前飞控仿真环境还原后编译生成的.px4文件所在位置”的方式烧录到Pixhawk 6C飞控种中。



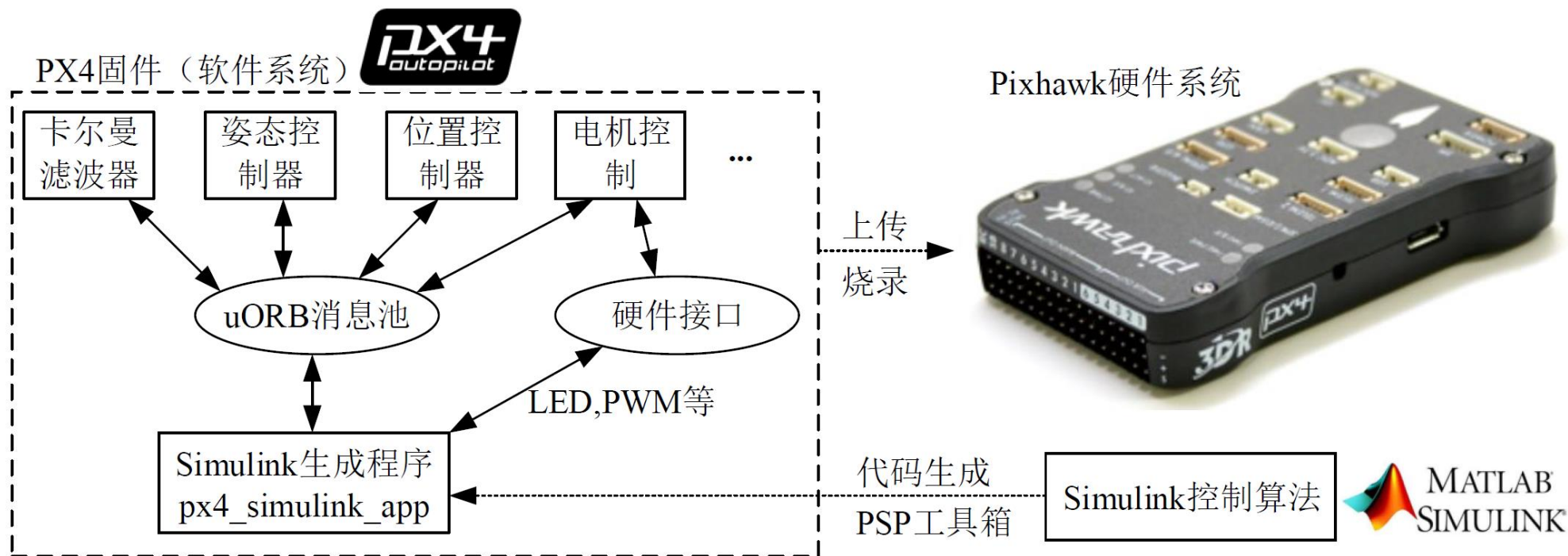


# 1.实验平台配置（飞控固件生成）

## 1.2 固件生成实验

通过该例程，使用户理解如何配置平台一键安装脚本、如何使用平台完成底层自主开发控制器固件生成和原生固件生成。具体参见：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\1.PX4FirmwareGen\Intro.pdf](#)





# 1.实验平台配置（仿真初始化配置）

## 1.3 CopterSim初始化配置（CopterSim界面分区）

CopterSim

AL 飞思实验室

机架类型: 四旋翼 | 整机质量: 1.5 kg | 机架轴距: 450 mm | 飞行海拔: 50 m

品牌型号:  品牌型号 |  自定义设计

电机品牌: DJI (大疆) | 型号: 2312 KV960

螺旋桨品牌: APC | 型号: 110x4.5MR

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: [ ] | 仿真模式: PX4\_HITL | 三维显示场景: 3DDisplay | 联机: [ ] | 飞机起点位置: x: 0.5 y: 0 | 偏航: yaw: 0°

飞控选择: Legacy FMU COM3 | UDP Mode: UDP\_Full | 开始仿真 | 停止仿真 | 重新仿真

X: 0 | Y: 0 | Z: 0

Vx: 0 | Vy: 0 | Vz: 0

φ: 0 | θ: 0 | ψ: 0

模型配置区，功能同flyeal.com，输入多旋翼配置，输出模型参数用于仿真

仿真功能区，控制仿真模式等

状态显示区，显示Pixhawk回传消息与飞机状态



# 1.实验平台配置（仿真初始化配置）

注：CopterSim模型配置界面可选择合适的配件和重量等数据来仿真不同飞机模型，但是每次仿真完，请记得按本业步骤还原模型参数，避免影响后续实验效果。

## 1.3 CopterSim初始化配置（模型参数还原）

- 在桌面RflyTools文件夹，打开CopterSim快捷方式，弹出主界面。
- 点击“模型参数”按钮，进入模型配置页面。
- 点击“还原默认参数”，再点击“存储并使用参数”来将自定义的飞机模型数据还原。
- 注：上述步骤可以还原之前，通过修改CopterSim主界面，配置的不同多旋翼模型或噪声等级。
- 注：上述方式不会影响DLL模型的参数与噪声，两套体系是相互独立的。

The screenshot shows the CopterSim configuration interface. At the top, there are dropdown menus for selecting components like '10x4.5MR', 'XRotor 20A', and 'LiPo 3S-11.1V-25C-5500mAh'. Below these are buttons for '计算' (Calculate), '模型参数' (Model Parameters), and '加入模型库' (Add to Model Library). The '模型参数' button is highlighted with a red box. Below the main interface, a 'Detailed Parameters' window is open, showing various physical parameters for a quadcopter. This window includes 3D diagrams of the drone and a table of parameters.

Parameter	Unit	Value	Unit
多旋翼总质量:	m	1.4	kg
重力加速度:	g	9.8	m/s <sup>2</sup>
转动惯量矩阵:	J <sub>xx</sub>	0.0211	kg·m <sup>2</sup>
J=diag(J <sub>xx</sub> , J <sub>yy</sub> , J <sub>zz</sub> ):	J <sub>yy</sub>	0.0219	kg·m <sup>2</sup>
	J <sub>zz</sub>	0.0366	kg·m <sup>2</sup>
多旋翼机身半径(1/2轴距):	d	0.225	m
螺旋桨推力系数(T <sub>p</sub> /ω <sup>2</sup> ):	CT	1.105e-05	N/(rad/s) <sup>2</sup>
螺旋桨力矩系数(M <sub>p</sub> /ω <sup>2</sup> ):	CM	1.779e-07	N·m/(rad/s) <sup>2</sup>
油门(θ)到稳态转速(ω <sub>ss</sub> ):	CR	1148	rad/s
(ω <sub>ss</sub> =CR*θ+ω <sub>b</sub> ):	ω <sub>b</sub>	-141.4	rad/s
电机螺旋桨转动惯量:	J <sub>m</sub>	0.0001287	kg·m <sup>2</sup>
电机响应时间常数:	T <sub>m</sub>	0.05	s
空气阻力系数(c <sub>d</sub> /v <sup>2</sup> ):	C <sub>d</sub>	0.073	N/(m/s) <sup>2</sup>
旋转阻尼系数(M/v <sup>2</sup> ):	C <sub>m</sub>	0.0055	N·m/(rad/s) <sup>2</sup>

At the bottom of the 'Detailed Parameters' window, there are buttons for '还原默认参数' (Restore Default Parameters) and '存储并使用参数' (Save and Use Parameters), both highlighted with red boxes. The '噪声水平(0-1):' is set to 0.





# 1.实验平台配置（仿真初始化配置）

注：这里配置的是CopterSim仿真功能区中的参数，下面的步骤都可以在bat脚本中自动实现，这里只需要了解实现流程。

## 1.3 CopterSim初始化配置（软/硬件在环仿真配置简介）

- **硬件在环仿真流程：** CopterSim配置模型参数或Simulink导入DLL模型 → QGC配置Pixhawk进入对应的机架 → QGC配置进入硬件在环仿真模式 → 一键启动硬件在环
- **软件在环仿真流程：** CopterSim配置模型参数或Simulink导入DLL模型 → PX4源码中配置机架文件 → bat启动脚本中选定机架样式 → 一键启动软件在环
  - PX4源码中配置文件拷贝流程：从“Firmware\ROMFS\px4fmu\_common\init.d\airframes”文件夹中拷贝需要机型文件到“Firmware\ROMFS\px4fmu\_common\init.d-posix”，例如六旋翼X布局“6001\_hexa\_x”和固定翼“2100\_standard\_plane”。
  - bat启动脚本中选定机架样式：拷贝一份SITLRun.bat文件，修改机型PX4SITLFrame为配置文件的非数字部分，例如六旋翼为“set PX4SITLFrame=hexa\_x”，固定翼为“set PX4SITLFrame=standard\_plane”，其他机型类似。
  - bat启动脚本中选择专用地形：推荐使用OldFactory地形，带平地跑道，适合固定翼起飞。三个地方需要修改：选择场地“SET /a UE4\_MAP=OldFactory”，初始X坐标“SET /a ORIGIN\_POS\_X=-250”，以及Y坐标“SET /a ORIGIN\_POS\_Y=-119”即可初始到跑道上。



# 1.实验平台配置（仿真初始化配置）

---

## 1.3 软/硬件在环仿真配置实验

CopterSim仿真功能区中可配置的相关初始化参数包括：

- 1) 是否联机
- 2) 指定CopterSim 回传数据IP
- 3) 北东地坐标系下的x、y、z
- 4) 姿态，滚转、俯仰、偏航
- 5) 仿真模式
- 6) DLL模型名称
- 7) DLL序号
- 8) 三维场景名称
- 9) 三维场景序号

除了直接在CopterSim上配置外，平台还提供了两种配置方式：

配置仿真一键启动bat脚本

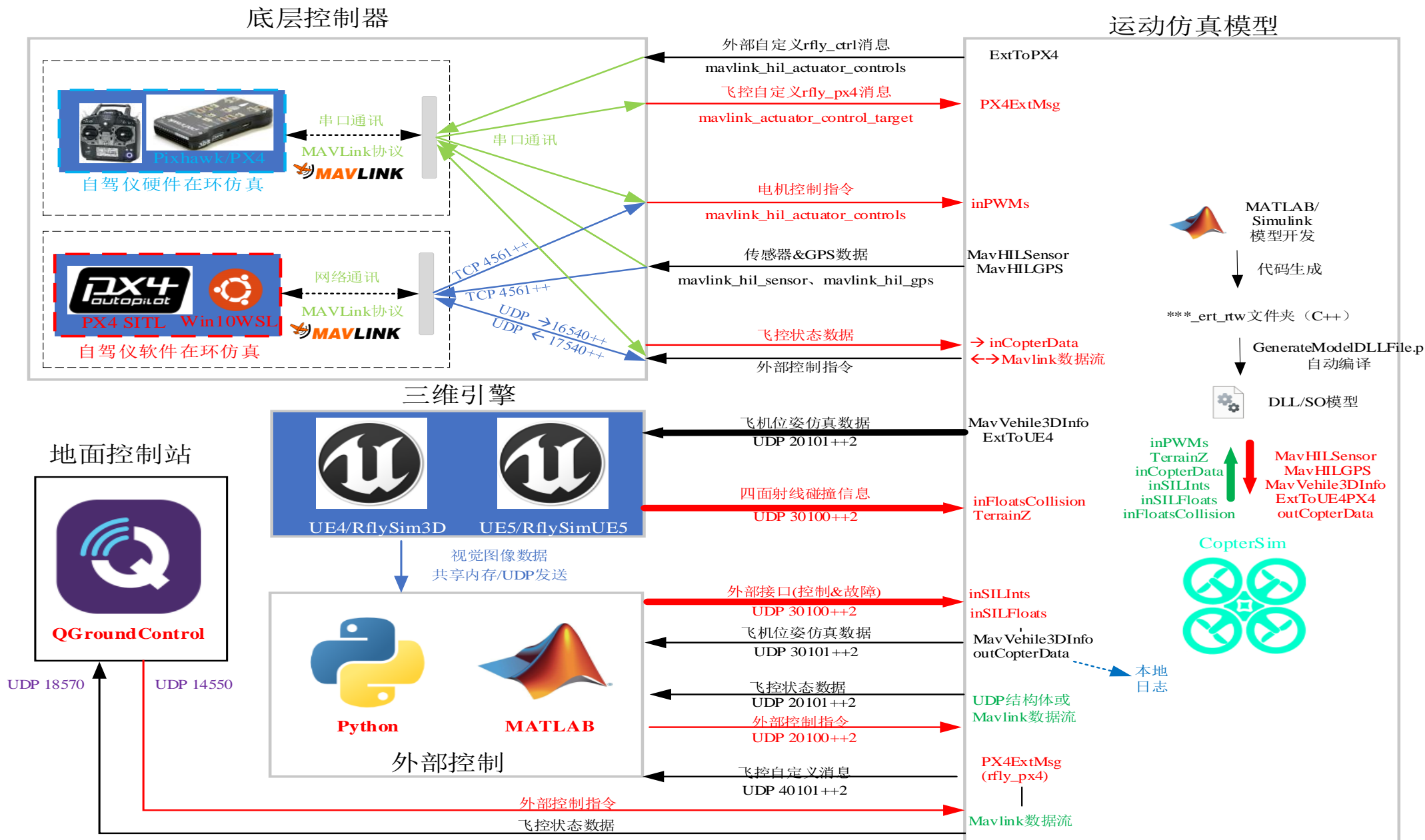
调用仿真初始化模块[ReqCopterSim.py](#)中的方法

详细用法参见：[0.ApiExps\4.InitAPI\Intro.pdf](#)





# 模型仿真验证流程及仿真平台通信机制





# 大纲

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例
7. 小结



飞思实验室

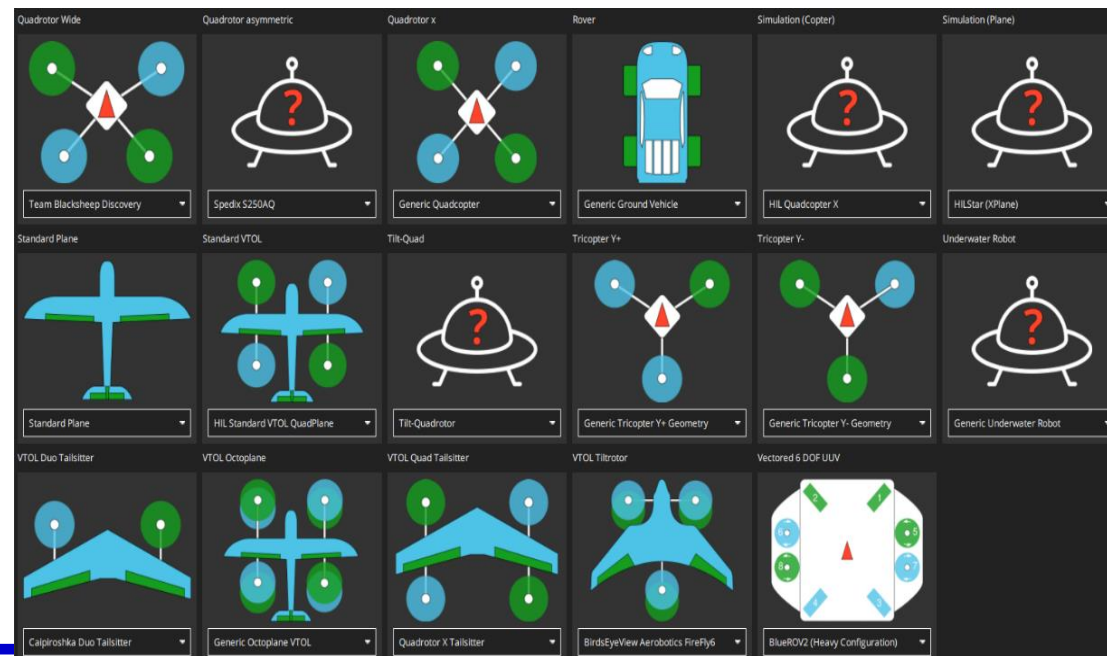
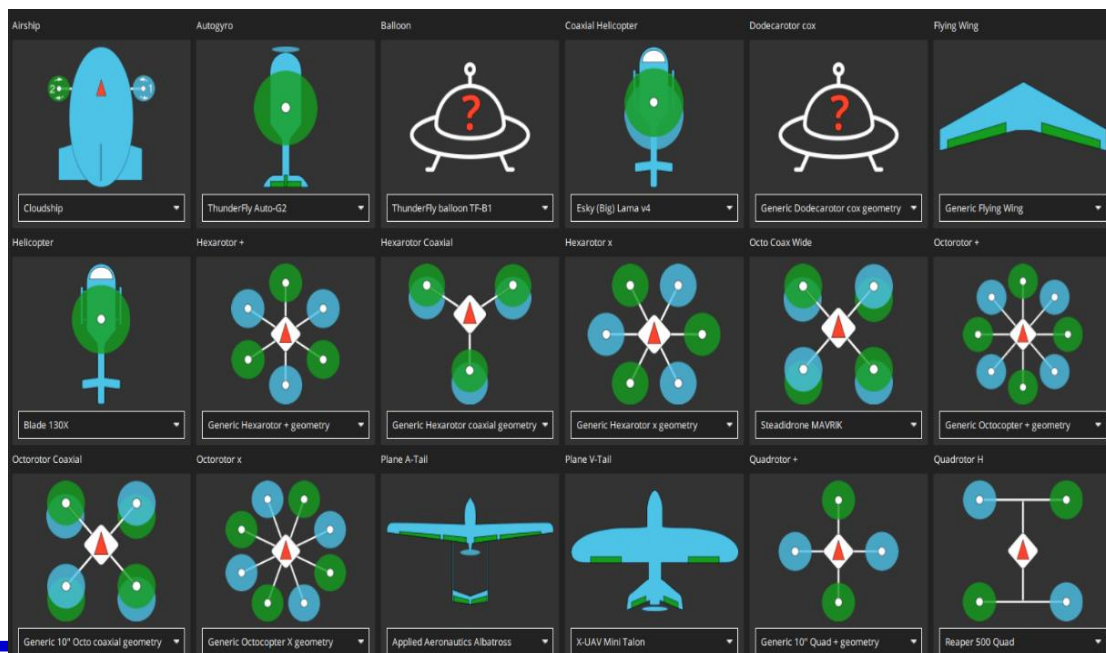


RflySim教程



## 平台支持的软/硬件在环仿真机型

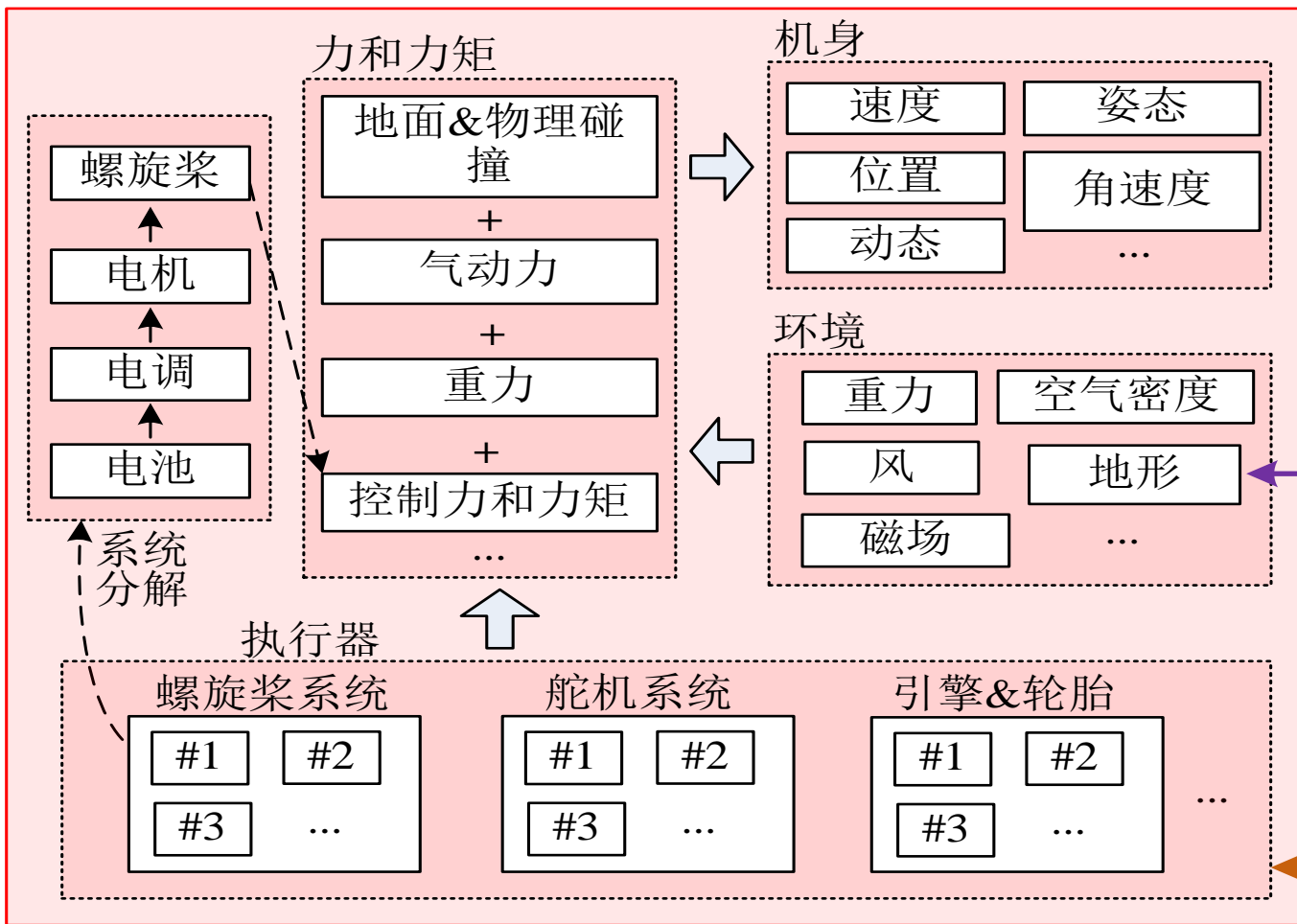
- RflySim平台支持任意PX4可控机型的软硬件在环仿真，并提供了大部分模型的dll文件。
- 所有支持机型可从QGroundControl的Airframe（机架）页面中查看，如下图所示。
- 目前免费版的RflySim平台包含了旋翼类、固定翼类和无人车类的模型的Simulink模板，更多其他模型需要用户根据平台提供的建模模板自行Simulink搭建，或直接使用完整版的RflySim平台。



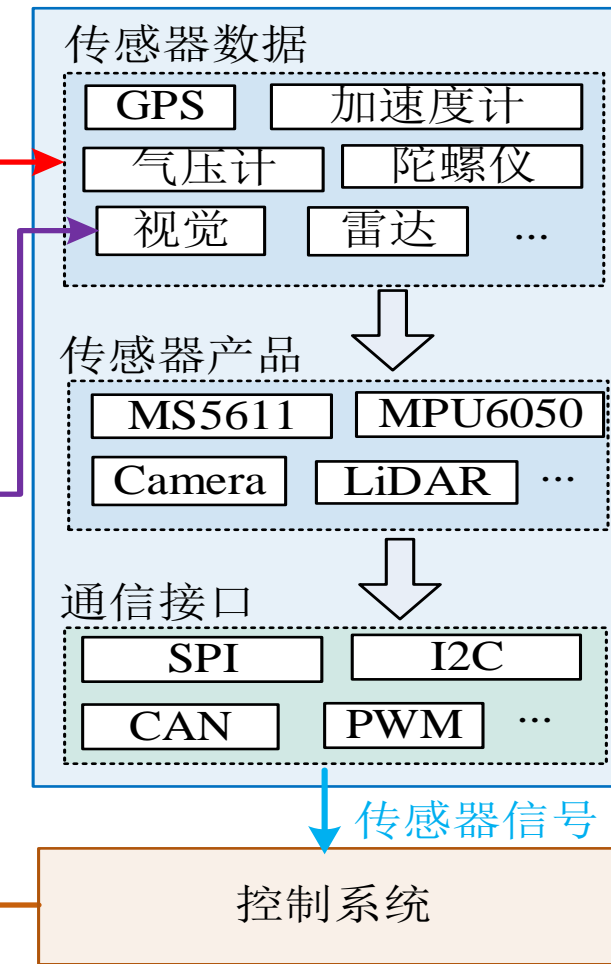


# 载具运动模型统一建模框架

机体子系统



传感器子系统





## 2. 载具建模模板及相关接口

---

### 2.0 载具建模模板及相关接口实验总览

以多旋翼模型的构建为例，RflySim平台提供了两套载具的统一建模Simulink模板，分为最小系统的模版和最大系统的模版，模板的相关接口及区别简介可见文件：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\Readme.pdf](#)，其中最小系统的模版包含了实现软硬件在环仿真所需的最低要求的输入和输出接口，相关验证实验可见文件：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e1\\_MinModelTemp\Readme.pdf](#)，最大系统的模版包含了更丰富的附加功能，相关验证实验可见文件：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e1\\_MaxModelTemp\Readme.pdf](#)，



## 2. 载具建模模板及相关接口

### 2.1 最小系统模型模版

- 16维已归一化的执行器控制量输入。
- 包含加速度传感器的加速度值、陀螺仪传感器的角速度值、磁罗盘传感器的磁场值，气压和空速传感器的气压值等众多传感器数据。
- 可自定义飞机的初始位置、初始姿态，以便适用导弹等竖直起飞的飞行器，设定合适的俯仰和滚转值。
- 模型发送给RflySim3D的真实仿真数据是平滑的理想值不像传感器和GPS模块会加上噪声和振动。

更多最小系统模板的详细资料请见：[\[安装目](#)

[录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e1\\_MinModelTemp\Intro.pdf](#)

Replace it with your own force and moment model where the ground support force, the aerodynamic force and the actuator thrust force should be considered.

Note2: There are three parameters essential for DLL model generation. They are "ModelInit\_Inputs" (8D vector for input pwm signal initialization) in the "Motor Model" module, "ModelInit\_PosE" (3D vector for position initialization) and "ModelInit\_AngEuler" (3D vector for attitude initialization) in the "6DOF" module  
 Note3: The ModelParam\_uavMass should be configured in init.m for generate sensor data in 6DOF.

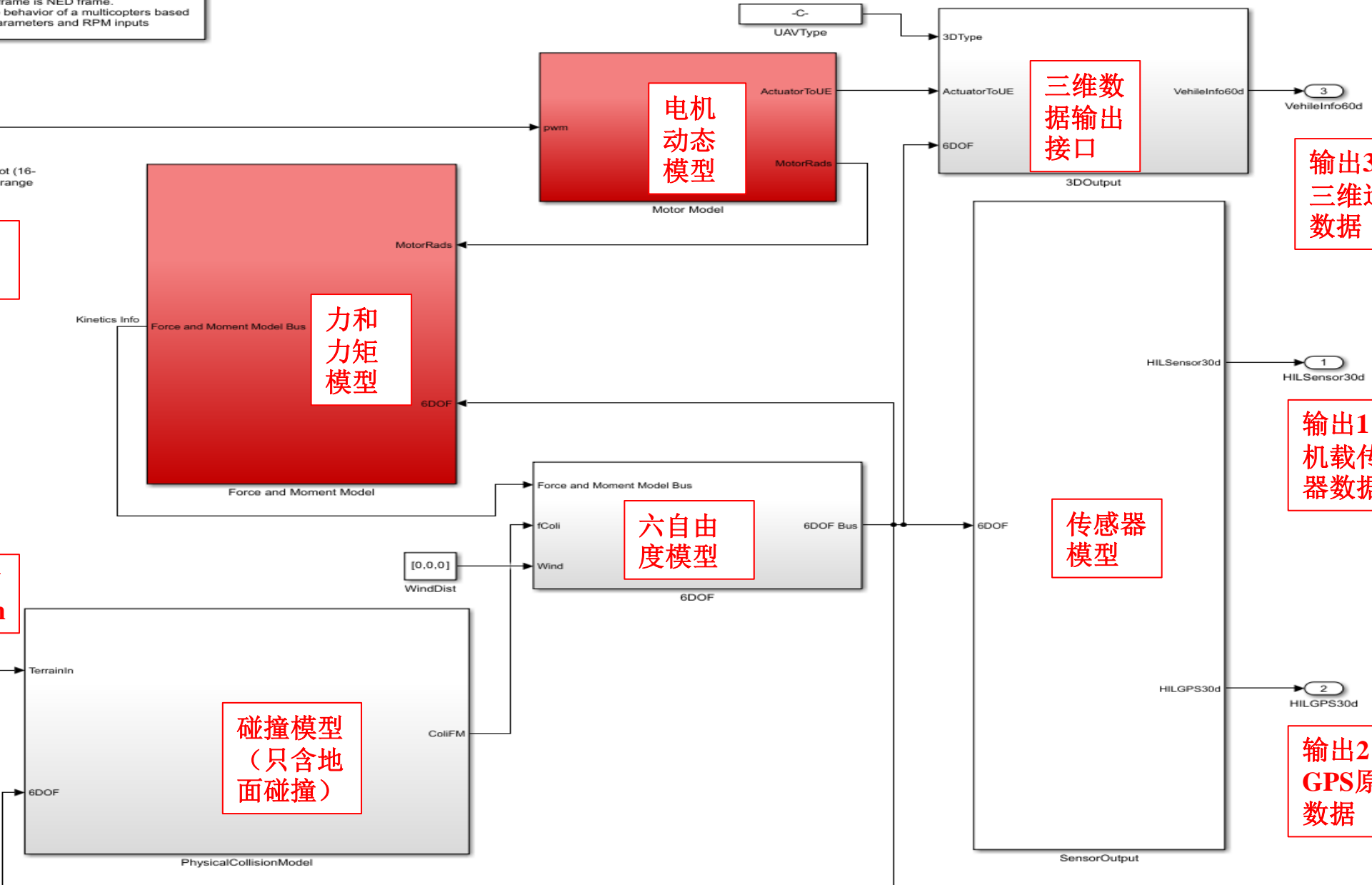
Model Info  
 Exp1\_MinModelTemp  
 Matlab version is MATLAB R2017b and above.  
 Coordinate frame is NED frame.  
 This model simulates the behavior of a multicopters based on performance parameters and RPM inputs

1  
 inPWMs  
 PWM inputs from autopilot (16-dimensional float vector, range from -1-1)

输入1: 16维PWM输入, 来自自驾仪

输入2: 15维高度输入, 来自CopterSim

2  
 TerrainIn15d  
 bit defines  
 1: Terrain height (m)  
 2: hasSlop (0 or 1)  
 3: pitch (rad)  
 4: yaw (rad)  
 5: hasFric (0 or 1)  
 6: FrictionFactor  
 7: isMoveObj (0 or 1)  
 8: objVx (m/s)  
 9: objVy (m/s)  
 10: objYaw (rad)  
 11-15: reserve for future





## 2.载具建模模板及相关接口

### 2.2 最大系统模型模版

- 保留最小系统模板的全部功能。
- 新增输入信号结构体分别为：20维实现碰撞引擎的inFloatsCollision、8维整型的inSILInts和20维浮点的inSILFloats来实现故障注入、外部传感器等功能。
- 新增一个输出信号结构体为：32维浮点数的ExtToUE4PX4用于传输其他传感器或必要数据给飞控。
- 新增故障电机随机故障注入，模拟导致飞机坠机。

更多最大系统模板的详细资料请见：[\[安装目](#)

[录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e1\\_MaxModelTemp\Readme.pdf](#)



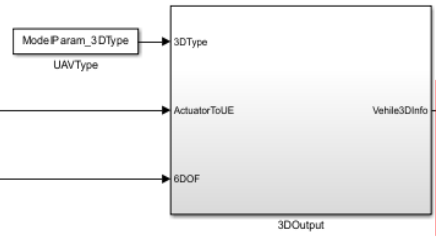
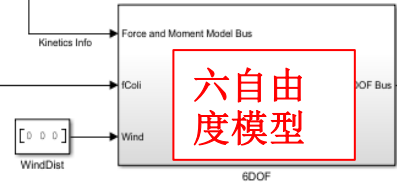
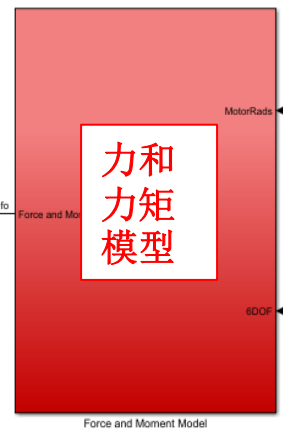
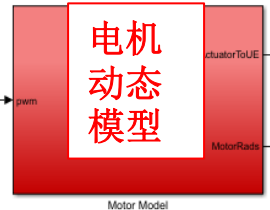
Model Info  
Exp2\_MaxModelTemp

Matlab version is MATLAB R2017b and above.  
Coordinate frame is NED frame.  
This model simulates the behavior of a multicopters based on performance parameters and RPM inputs

**输入1: 16维PWM输入, 来自自驾仪**  
**输入2: 15维高度输入, 来自CopterSim**

**输入3~4: 20维float+8维int输入, 来自外部UDP, 用于与外部程序通讯**

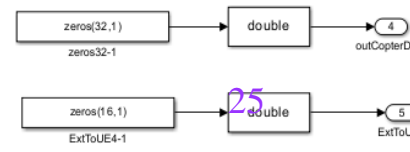
- 1 inPWMs
- 2 TerrainZ
- 3 inSILInts
- 4 inSILFloats
- 5 iFloatsCollision
- 6 inCopterData
- 7 inFromUE
- 8 inCtrlExt1
- 9 inCtrlExt2
- 10 inCtrlExt3
- 11 inCtrlExt4
- 12 inCtrlExt5



**输出1: 机载传感器数据**

**输出2: GPS原始数据**

**输出3: 三维运动数据**



25



# 大纲

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



飞思实验室



RflySim教程



## 3.模型接口调用实验

### 3.0 接口调用实验总览

本小节主要介绍第2节中运动模型建模模板提供的接口及调用方法，具体学习路线如下：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\Intro.pdf](#)

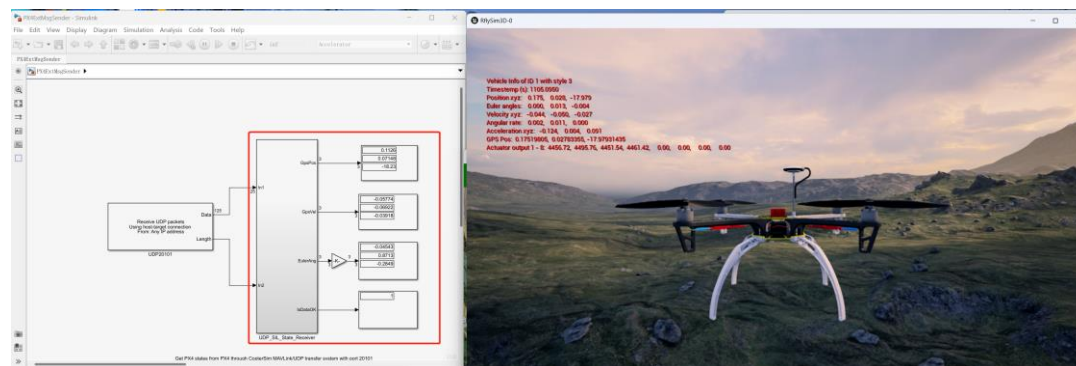
知识点	实现例程
如何实现针对dll模型（动力学模型）的外部控制接口通信	<a href="#">3.ExtCtrlAPI\Intro.pdf</a>
如何在不修改init.m文件并重新生成dll模型的的情况下，通过外部参数注入实时修改动力学模型的参数设置	<a href="#">5.ParamAPI\Intro.pdf</a>
如何将感兴趣的dll模型状态数据实时转发到三维引擎RflySim3D中	<a href="#">6.ExtToUE4\Intro.pdf</a>
如何将感兴趣的dll模型状态数据实时传输到飞控硬件中	<a href="#">7.ExtToPX4\Intro.pdf</a>
如何将感兴趣的dll模型状态数据输出到日志文件中	<a href="#">8.OutCopterData\Intro.pdf</a>
如何将更多飞控消息传输到dll模型中以实现更复杂的控制闭环（如多种控制模式切换）	<a href="#">9.inCopterData\Intro.pdf</a>
如何将三维场景中的碰撞数据输入dll模型，并实现包括碰撞检测和响应在内的物理引擎	<a href="#">10.InFloatsCollision\Intro.pdf</a>
如何将自定义外部控制数据实时传入dll模型以实现更精细的仿真	<a href="#">11.InSILIntsFloats\Intro.pdf</a> <a href="#">12.inDoubCtrls\Intro.pdf</a>



## 3.模型接口调用实验

### 3.1 外部通信实验之读取状态估计值

在使用RflySim平台时，可以通过UDP\_Full模式进行软/硬件在环仿真时，可以通过监听UDP20100系列端口接收PX4内部状态估计值。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\3.ExtCtrlAPI-UDP20100\Readme.pdf](#)。

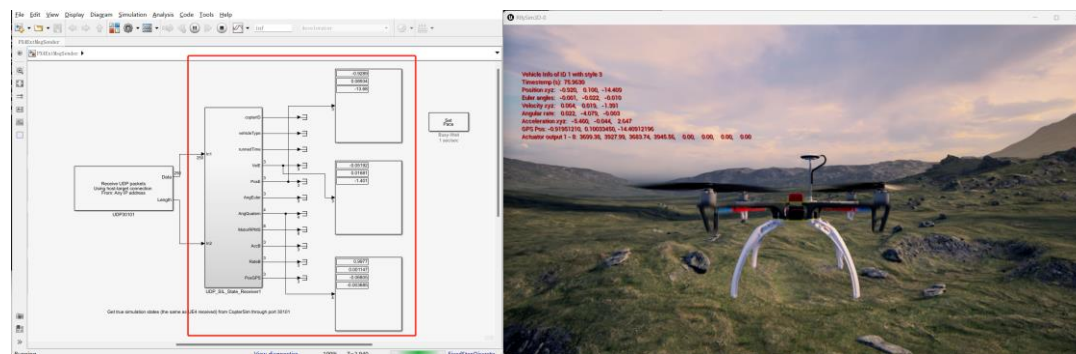




## 3.模型接口调用实验

### 3.1 外部通信实验之读取仿真真值数据

在使用平台（UDP/MAVLink模式皆可）进行软/硬件在环仿真时，可以通过监听UDP30100系列端口接收CopterSim飞行仿真的真实数据。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySim APIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\4.ExtCtrlAPI-UDP30100\Readme.pdf](#) - 。



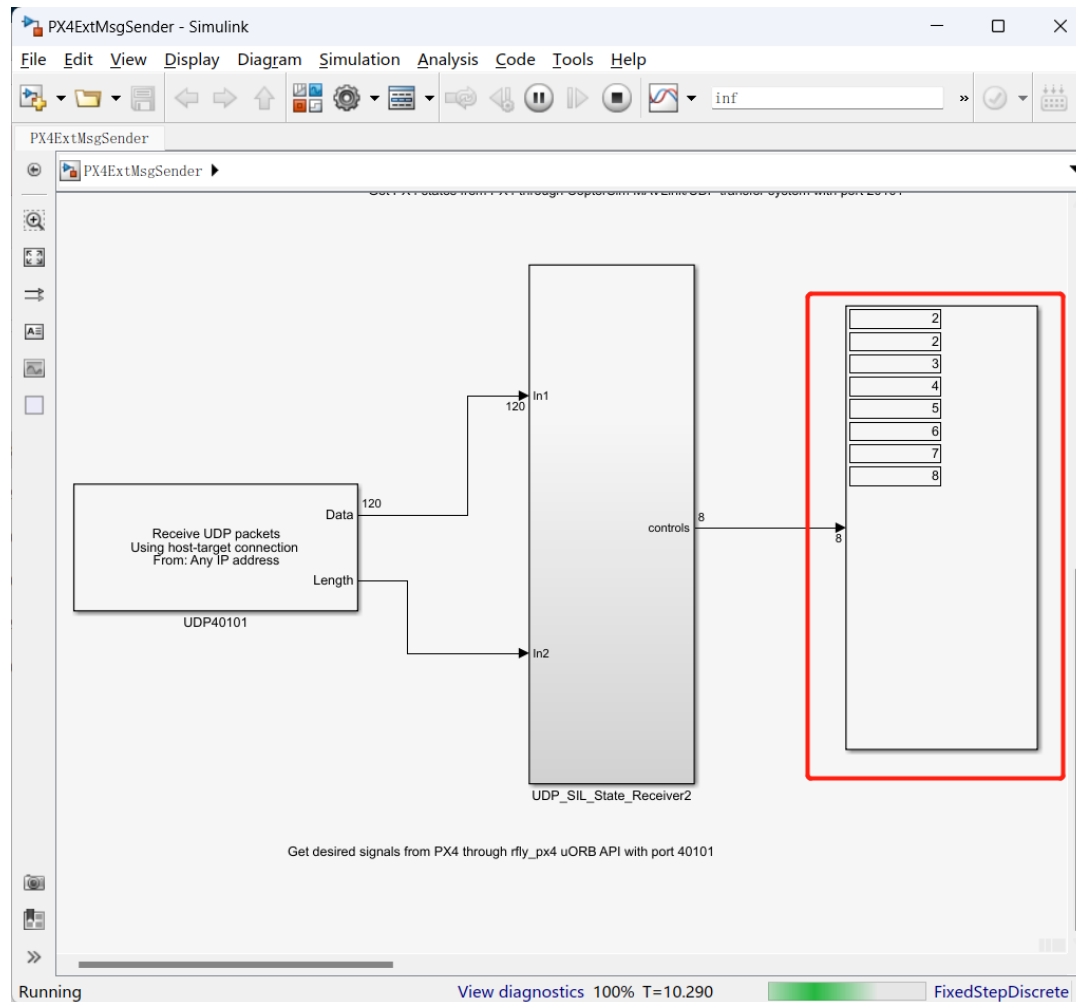


## 3.模型接口调用实验

### 3.1 外部通信实验之获取平台 rfly\_px4 uORB消息

当订阅了 rfly\_px4 uORB消息，并使用平台最大模板进行硬件在环仿真时，可以通过监听UDP40100系列端口接收 rfly\_px4消息。具体实验操作步骤请见：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\5.ExtCtrlAPI-UDP40100\Readme.pdf](#) - 。

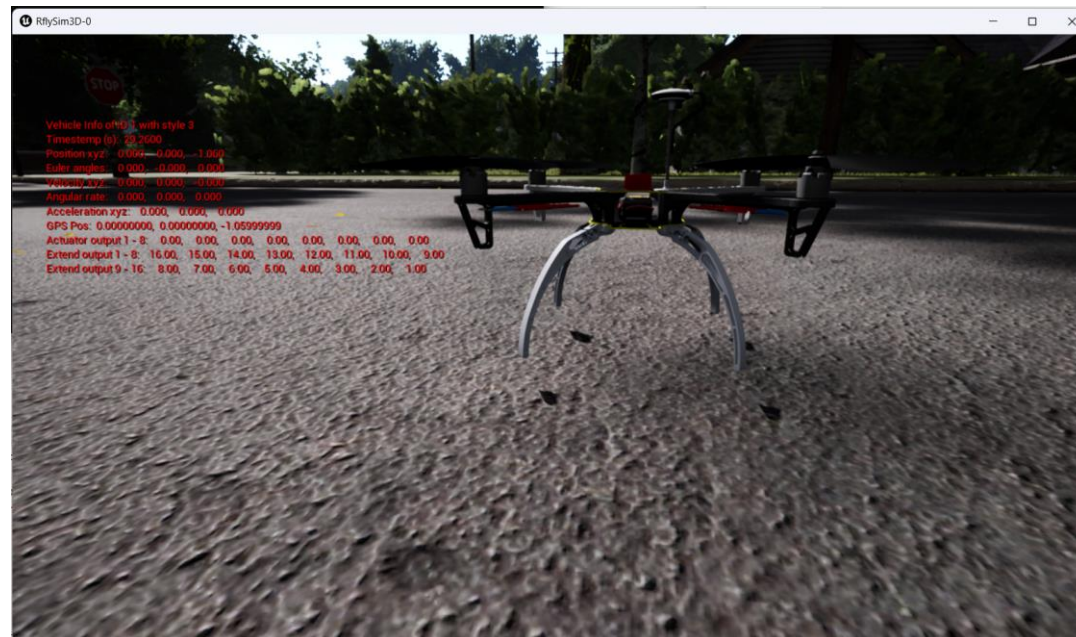




## 3.模型接口调用实验

### 3.2 ExtToUE4接口验证实验

该例程可以让用户自定义发送至最大模型ExtToUE4接口的数据，方便模型的开发及调试。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\6.ExtToUE4\Readme.pdf](#) - 。





## 3.模型接口调用实验

### 3.3 ExtToPX4接口验证

该例程可以让用户自定义发送至最大模型ExtToPX4接口的数据，该接口为发送给PX4的uORB消息rfly\_ext，用于传输其他传感器或必要数据给飞控，方便模型的开发及调试。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\7.ExtToPX4\Readme.pdf](#) - 。

The screenshot shows the QGroundControl Analyze Tools interface. On the left, there is a sidebar with navigation options: 日志下载, 地理标记图像, Mavlink 控制台 (highlighted), MAVLink 检测, and 振动. The main area displays 'Analyze Tools' with a description: 'Provides a connection to the vehicle's system shell.' Below this, a terminal window shows the command '> listener rfly\_ext' and the following output:

```
listener rfly_ext
TOPIC: rfly_ext
rfly_ext_s
  timestamp: 767168634 (0.004366 seconds ago)
  controls: [17.0000, 18.0000, 19.0000, 20.0000, 21.0000, 22.0000, 23.0000, 24.0000, 25.0000, 26.0000, 27.0000, 28.0000, 29.0000, 30.0000, 31.0000, 32.0000]
  modes: 1
nah>
```



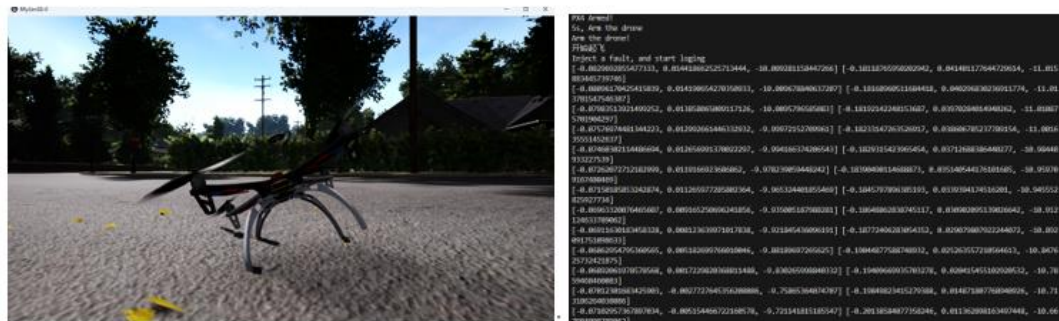


## 3.模型接口调用实验

### 3.4 最大系统模型

#### OutCopterData接口验证实验

该例程可以让用户明白如何使用最大系统模型中的outCopterData接口，该接口支持自定义记录仿真过程中的32维数据。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\\RflySimAPIs\\4.RflySimModel\\0.ApiExps\\9.OutCopterData\\readme.pdf\]](#) - 。

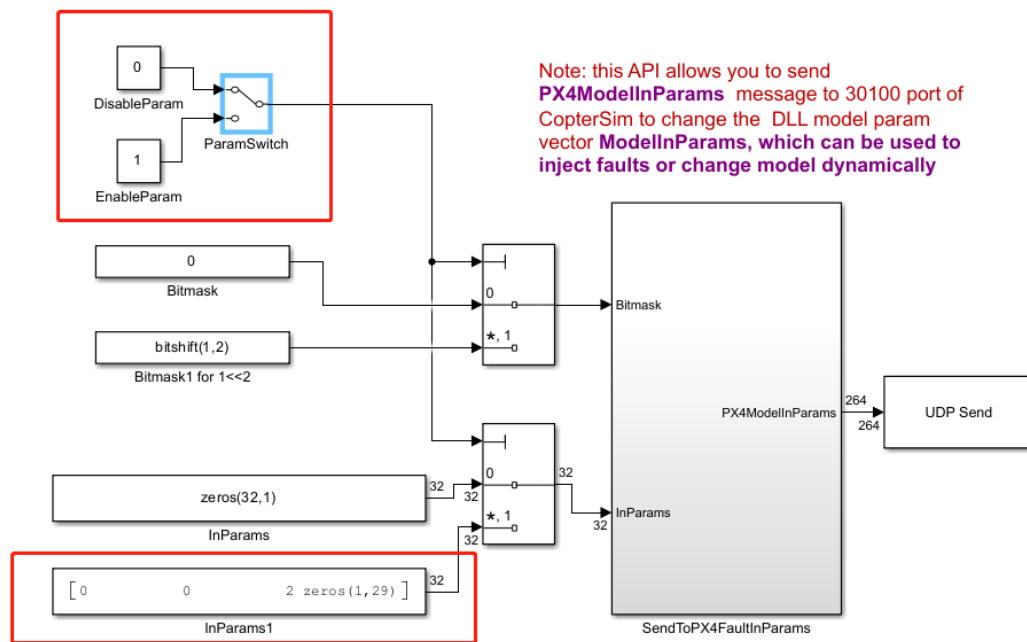




## 3.模型接口调用实验

### 3.5 故障模块动态修改参数实验

熟悉平台最大系统模型FaultInParam动态修改参数的原理及过程。在使用RflySim平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型会接收FaultInParam数据，端口号为30100系列，且FaultInParam中第三位参数与电机输出相关，因此可以通过动态修改参数使得电机输出全为0从而实现飞机降落。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\10.FaultParamsDynMod\Readme.pdf](#) - 。





## 3.模型接口调用实验

### 3.6 InFloatsCollision的物理引擎验证实验

熟悉平台最大模型inFloatsCollision碰撞模型端口的使用。在使用RflySim平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型中的inFloatsCollision为碰撞模型预留端口，可以通过该接口获取来自RflySim3D的UDP数据。因此，用户可以通过inFloatsCollision接口来实现物理引擎的功能。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\11.InFloatsCollision\Readme.pdf](#) - 。

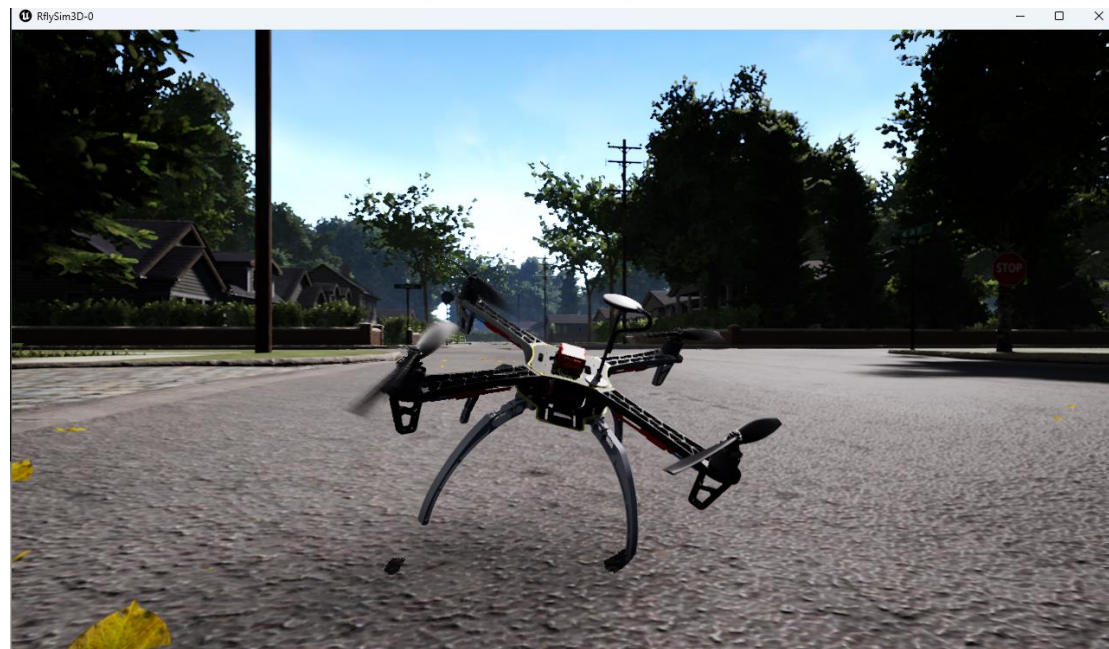




## 3.模型接口调用实验

### 3.7 InSILInts和InSILFloats接口实验

熟悉平台最大系统模型inSILInts和inSILFloats接口的使用。在使用RflySim平台进行软硬件在环仿真时，最大系统模型中的inSILInts和inSILFloats接口会接收来自外部的UDP结构体数据，端口号为30100系列。因此，用户可以通过inSILInts和inSILFloats接口来实现附加功能，如故障注入。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\0.ApiExps\12.InSILInts&Floats\Readme.pdf](#)。





# 大纲

---

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



飞思实验室

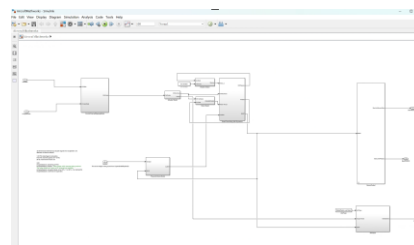


RflySim教程



## 4.基础建模仿真案例（平台固定翼）

- 4.1 固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验
- 在 Matlab 将固定翼 Simulink 模型编译并生成 DLL 模型文件，并通过 QGC 上传航线的方式进行固定翼无人机的软硬件在环仿真。
- 具体实验操作步骤请见：[\\*PX4PSP/RflySimAPIs/4.RflySimModel/1.BasicExps/e2\\_FixWingModelCtrl/Readme.pdf](#)。



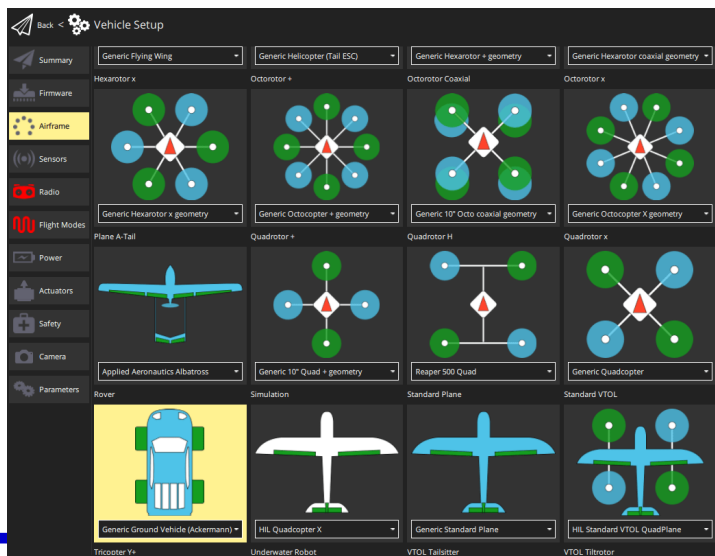
38



## 4.基础建模仿真案例（其他载具）

### 4.2 阿克曼底盘无人车模型代码生成及软硬件在环仿真实验

在Matlab将Simulink文件编译生成阿克曼底盘无人车的DLL模型文件；并对生成的阿克曼底盘无人车模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台阿克曼底盘无人车模型的使用。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e3\\_CarAckermanModeCtrl\Readme.pdf](#)。

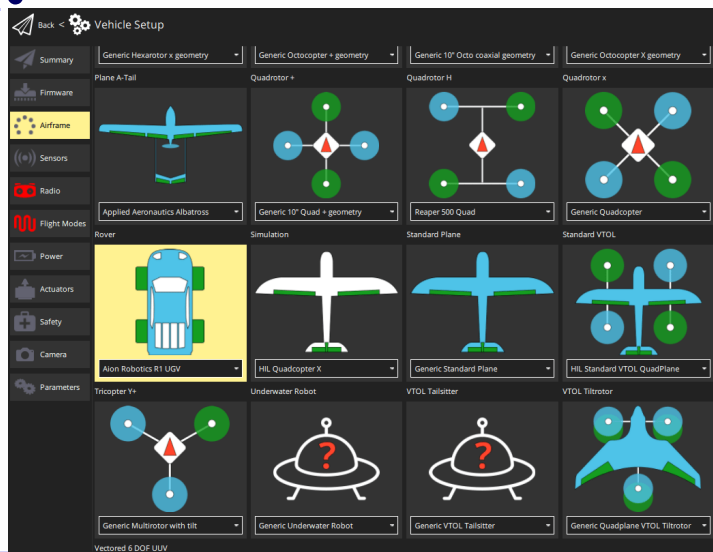




## 4.基础建模仿真案例（其他载具）

### 4.3 差动无人车模型代码生成及软硬件在环仿真实验

在Matlab将Simulink文件编译生成差动无人车的DLL模型文件；并对生成的差动无人车模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台差动无人车模型的使用。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\1.BasicExps\e4\\_CarR1DiffModelCtrl\Readme.pdf](#)。







# 大纲

---

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



## 5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

### 5.0 多旋翼仿真实验总览

本小节介绍了几种多旋翼的综合模型、不同机型四旋翼的辨识模型以及多旋翼的统一适配教程，具体学习思路如下：

[2.AdvExps/e2\\_MultiModelCtrl\Intro.pdf](#)

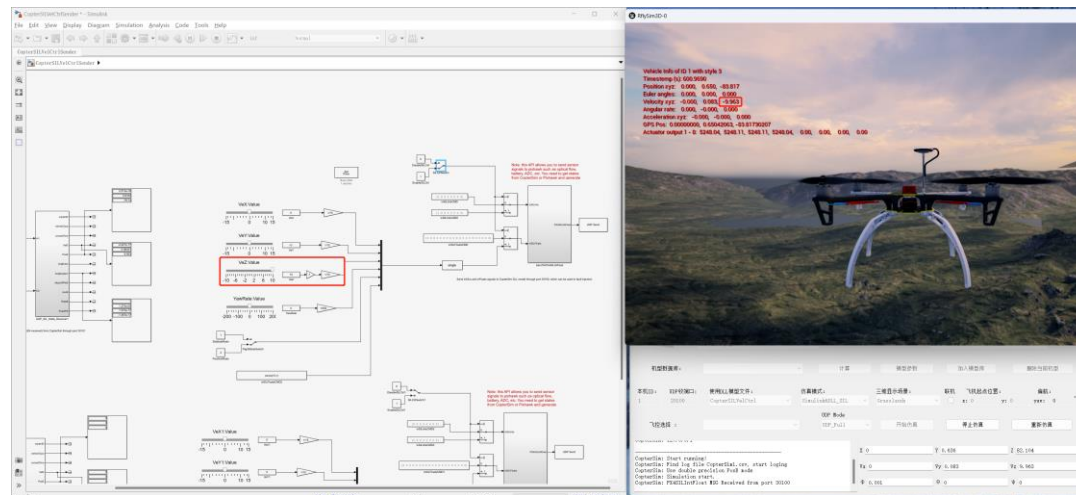
### 实验名称

四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验
六旋翼综合模型仿真验证
四轴八旋翼综合模型仿真验证
八旋翼综合模型仿真验证
四旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)
四旋翼综合模型仿真验证实验
六旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验
四轴八旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验
八旋翼模型DLL生成及SIL/HIL实验
多旋翼系统辨识系列实验
多旋翼适配教程
复合型多旋翼综合模型



## 5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

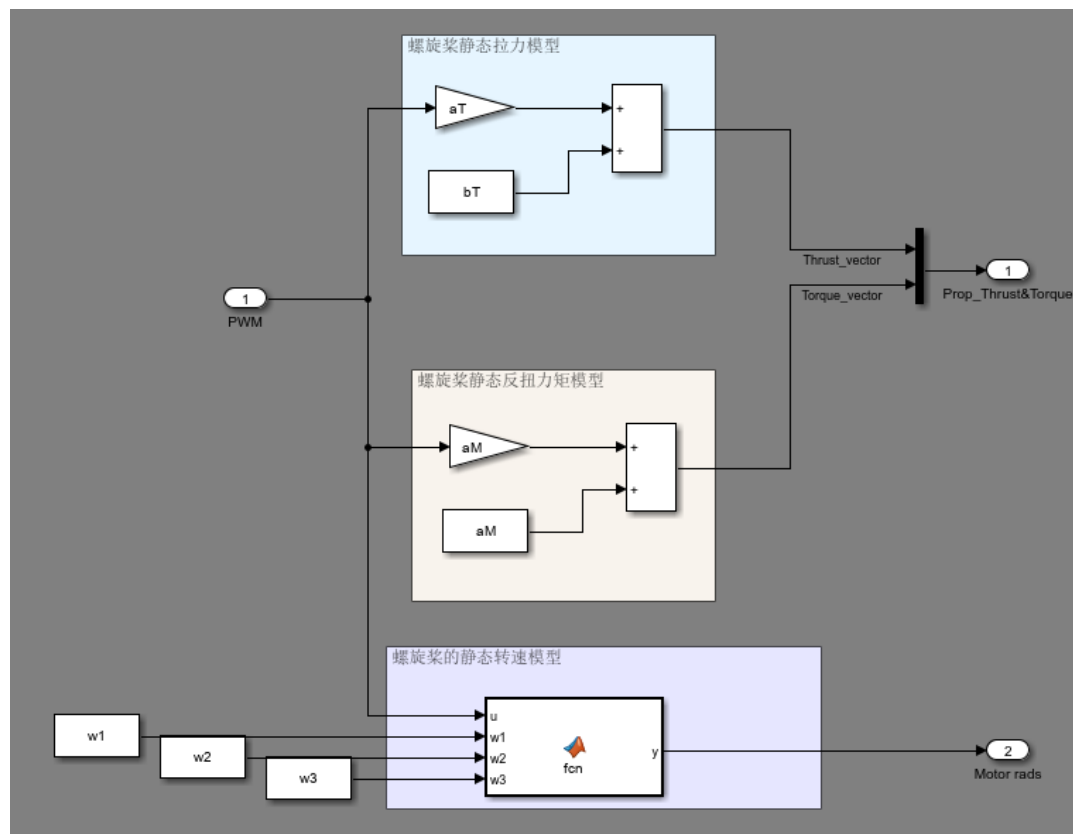
- 5.0 四旋翼综合模型仿真验证实验
- 在Simulink的DLL模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计四旋翼控制器，并将控制器和DLL模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个飞机整体仿真闭环，即综合模型。在得到综合模型后，通过外部控制的方法实现顶层控制。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2 MultiModelCtrl\1.CopterSimSILNoPX4\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

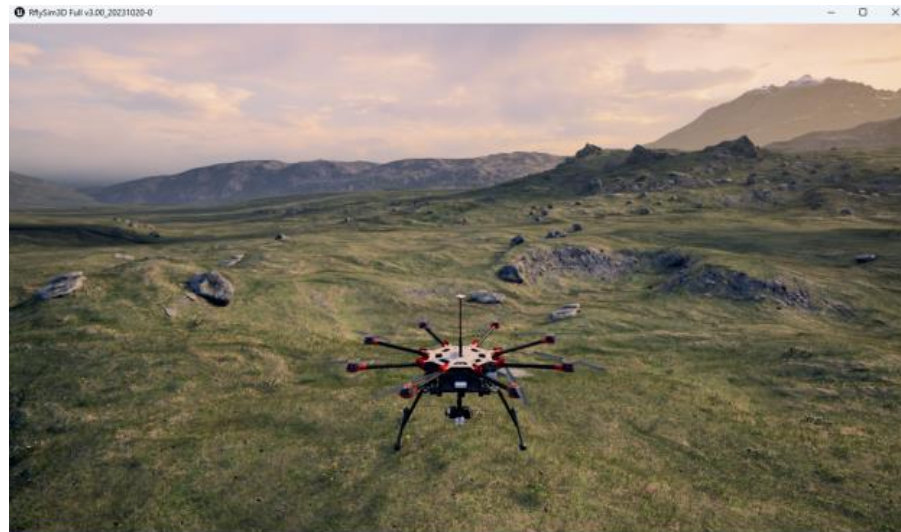
- 5.0 系统辨识模型系列实验
- 这里提供的几个模型主要针对特定机型的几个多旋翼的动力系统做了辨识，与平台建模模板的差别主要在于动力单元的构建。具体例程见：[2.AdvExps\e2\\_MultiModelCtrl\7.IdentificationModel\FX150\Readme.pdf](#)





## 5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

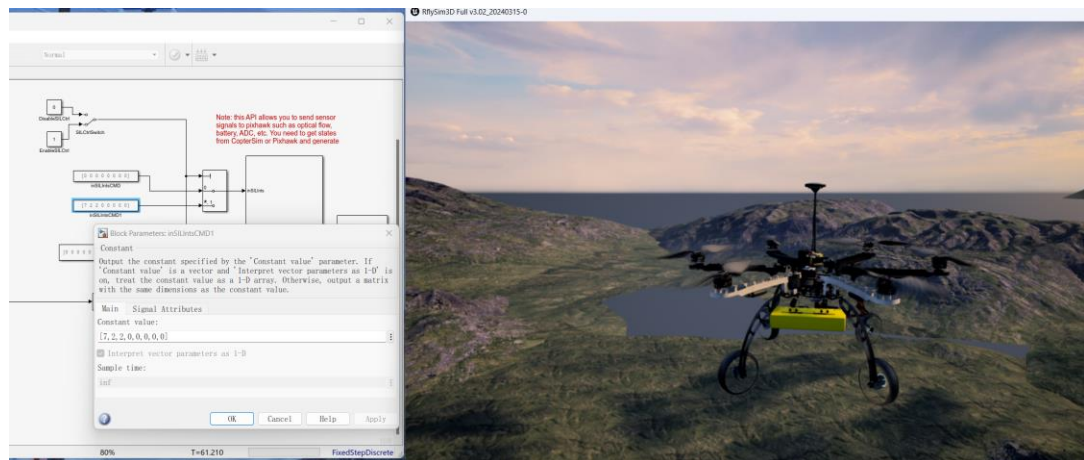
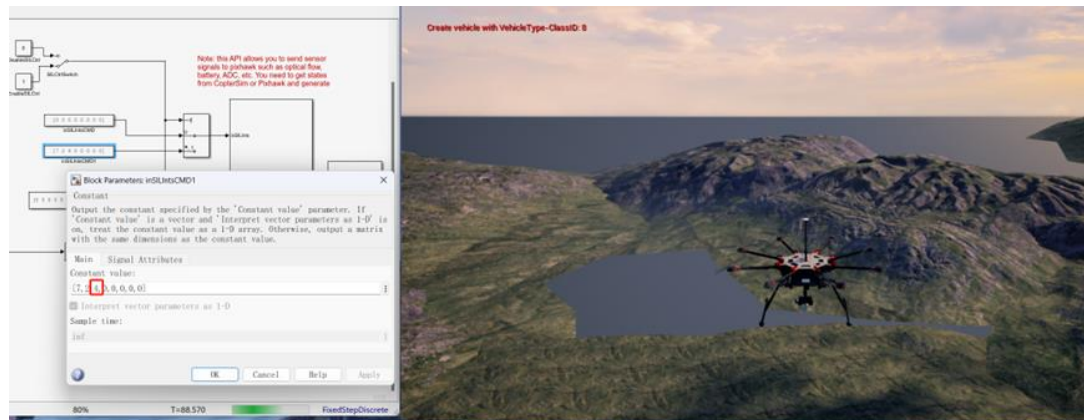
- 5.0多旋翼模型统一适配教程
- 在四旋翼模型的基础上，通过修改相关参数配置，适配六旋翼、八旋翼等其他多旋翼，并进行软硬件在环仿真；本实验的目的在于通过四旋翼模型适配其他旋翼模型，了解各种旋翼之间的异同之处，加深对于建模模板的理解。具体例程见：[2.AdvExps\e2\\_MultiModelCtrl\8.AdaptationTutorial\Readme.pdf](#)





## 5.进阶案例实验（多旋翼仿真）

- 5.0 复合型多旋翼综合模型
- 在四旋翼综合模型基础上对指定部分进行修改得到的复合型多旋翼综合模型，能同时支持四旋翼、六旋翼、八旋翼和四轴八旋翼四种类型多旋翼模型的仿真，多旋翼切换标志位由inSILInts第3位数据接口接收。在该例程中，Matlab通过UDP30100端口向复合型多旋翼综合模型发送期望位置、期望速度等控制指令，以及多旋翼模型的切换指令。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\2 MultiModelCtrl\13.MixedMultiRotorNoPX4 Mat\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

### 5.1平台固定翼仿真实验总览

本小节以固定翼为例，讲解了固定翼几个控制接口实验和不同固定翼模型的软、硬件在环仿真实验，具体学习思路如下：[2.AdvExps\e3 FWingModelCtrl\Intro.pdf](#)

#### 实验名称

固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)

固定翼航点控制

固定翼以固定俯仰角飞行实验

固定翼速度/高度/偏航接口验证实验(Python)

固定翼速度/高度/偏航接口验证实验(Simulink)

固定翼综合模型仿真验证

固定翼模型适配教程

飞翼模型仿真



## 5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

- 5.1 固定翼飞机模型DLL生成及SIL/HIL实验(含碰撞检测)
- 在Matlab将Simulink文件编译生成固定翼的DLL模型文件；并对生成的固定翼模型进行软硬件在环仿真测试，通过本例程熟悉平台固定翼模型的使用。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3 FWingModelCtrl\1.FixWingModelCtrlColl\Readme.pdf](#)。



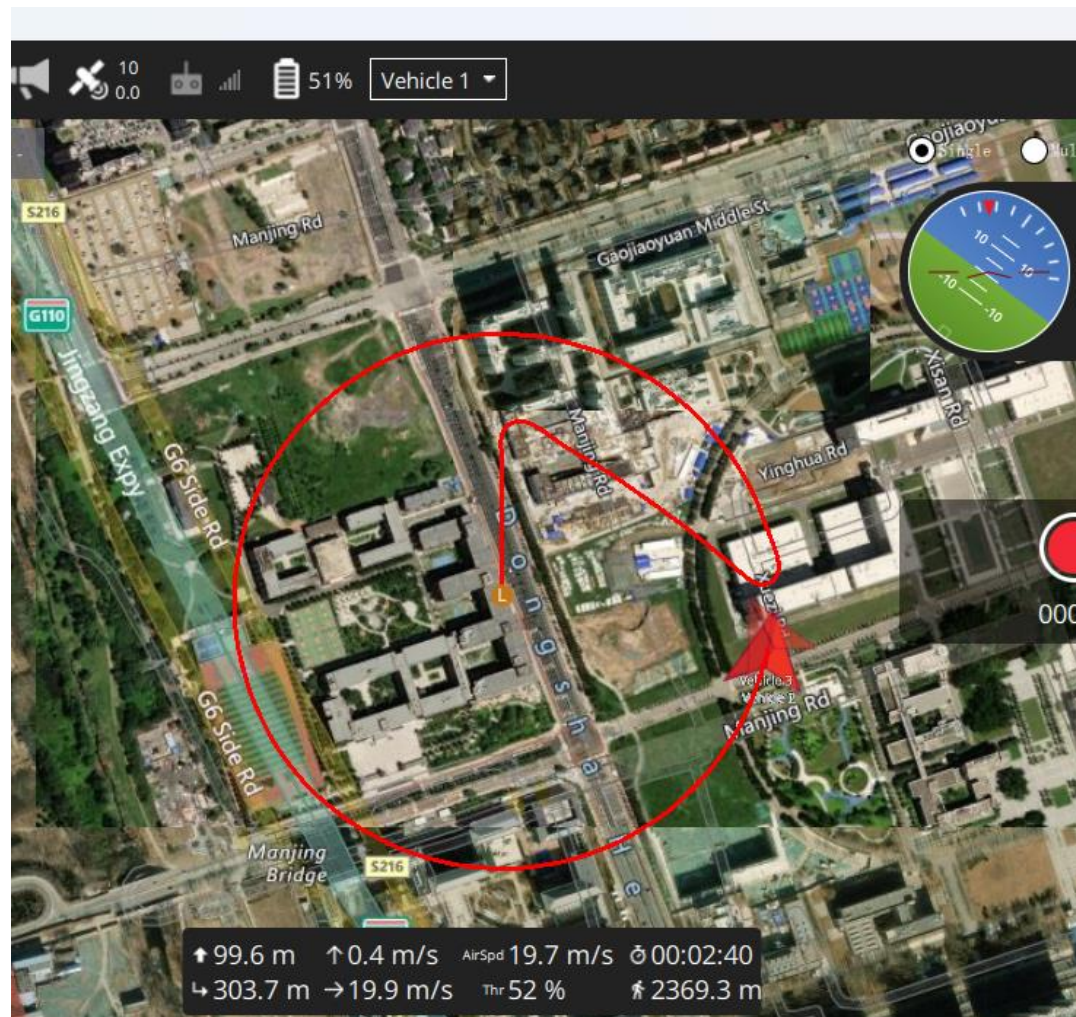




## 5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

### 5.1 固定翼航点控制实验

该例程通过平台固定翼控制接口，在软硬件在环仿真过程中让固定翼往期望航点飞行。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3\\_FWingModeICtrl\2.FWPosCtrlAPI\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

### 5.1 固定翼以固定俯仰角飞行实验

该例程通过平台固定翼控制接口控制固定翼俯仰角，让固定翼以固定 $10^\circ$ 的俯仰角前飞。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3\\_FWingModeICtrl\3.FWAttCtrlAPI\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（平台固定翼仿真）

### 5.1 固定翼速度/高度/偏航接口验证实验

该例程以Simulink/Python的形式，通过平台固定翼接口，实现在软硬件在环仿真过程中固定翼按期望指令飞行。Python程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3\\_FWingModelCtrl\4.VelAltYawCtrlAPI\\_Py\Readme.pdf](#)。

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e3\\_FWingModelCtrl\5.VelAltYawCtrlAPI\\_Mat\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 其他载具仿真总览

本小节主要介绍几种其他常见的无人载具仿真效果，包含：标准垂直起降飞机、阿克曼底盘无人车、差动无人车、四旋翼尾座式垂起无人机等，讲解了几种模型对应的控制接口实验和软、硬件在环仿真实验，具体实验如下：

### 实验名称

标准垂直起降飞机仿真

四旋翼尾座式垂起无人机仿真

阿克曼底盘无人车控制系列实验

差动无人车控制系列实验

高精度拖车模型仿真

直升机模型控制系列实验

UUV模型硬件在环仿真



## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 垂直起降飞机DLL生成及SIL/HIL实验

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。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\VTOLModelCtrl\1.VTOLModelCtrl\Readme.pdf。](#)

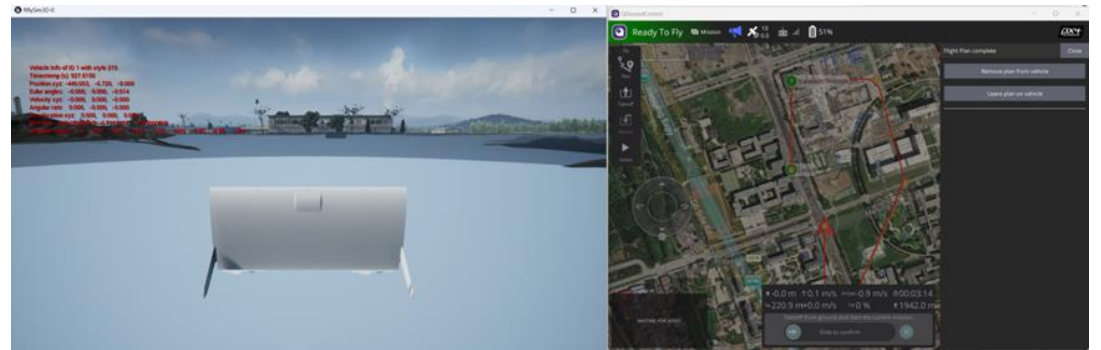




## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2四旋翼尾座式垂起无人机软硬件在环仿真

该例程介绍了如何使用平台四旋翼尾座式垂起无人机进行软硬件在环仿真。在平台软硬件在环仿真下，通过QGC上传航迹的方式控制四旋翼尾座式垂起无人机起飞、模式切换、前飞、返航和降落的过程。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e4\\_VTOLModelCtrl\2.TailsitterModelCtrl\Readme.pdf](#)。





## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 阿克曼底盘无人车位置软/硬件在环仿真实验

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台位置控制接口实现单辆/多辆阿克曼底盘无人车位置控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5\\_CarAckermanCtrl\2.CarAckermanPosCtrl\\_Py\Readme.pdf。](#)

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5\\_CarAckermanCtrl\3.CarAckermanPosCtrl\\_Mat\Readme.pdf。](#)





## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 阿克曼底盘无人车速度软/硬件在环仿真实验

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台速度控制接口实现单辆/多辆阿克曼底盘无人车速度控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5\\_CarAckermanCtrl\4.CarAckermanVelCtrl\\_Py\Readme.pdf](#)。

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e5\\_CarAckermanCtrl\5.CarAckermanVelCtrl\\_Mat\Readme.pdf](#)。





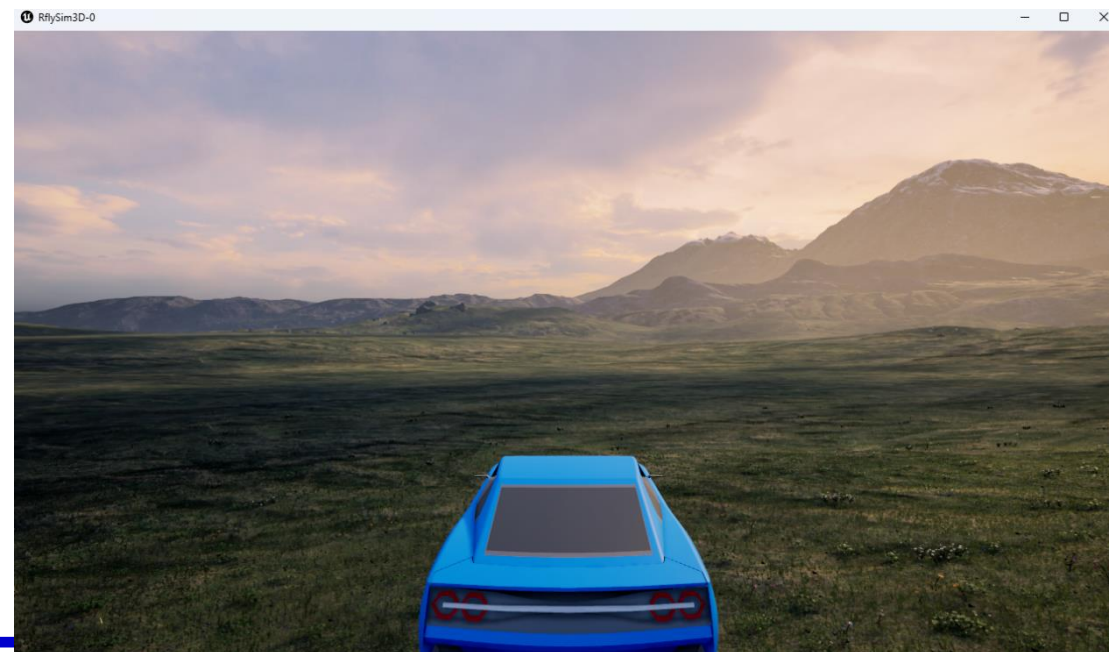


## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 差动无人车位置软/硬件在环仿真实验

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台位置控制接口实现单辆/多辆差动无人车位置控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6\\_CarR1DiffCtrl\2.CarR1DiffPosCtrl\\_Py\Readme.pdf](#)。

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6\\_CarR1DiffCtrl\3.CarR1DiffPosCtrl\\_Mat\Readme.pdf](#)。



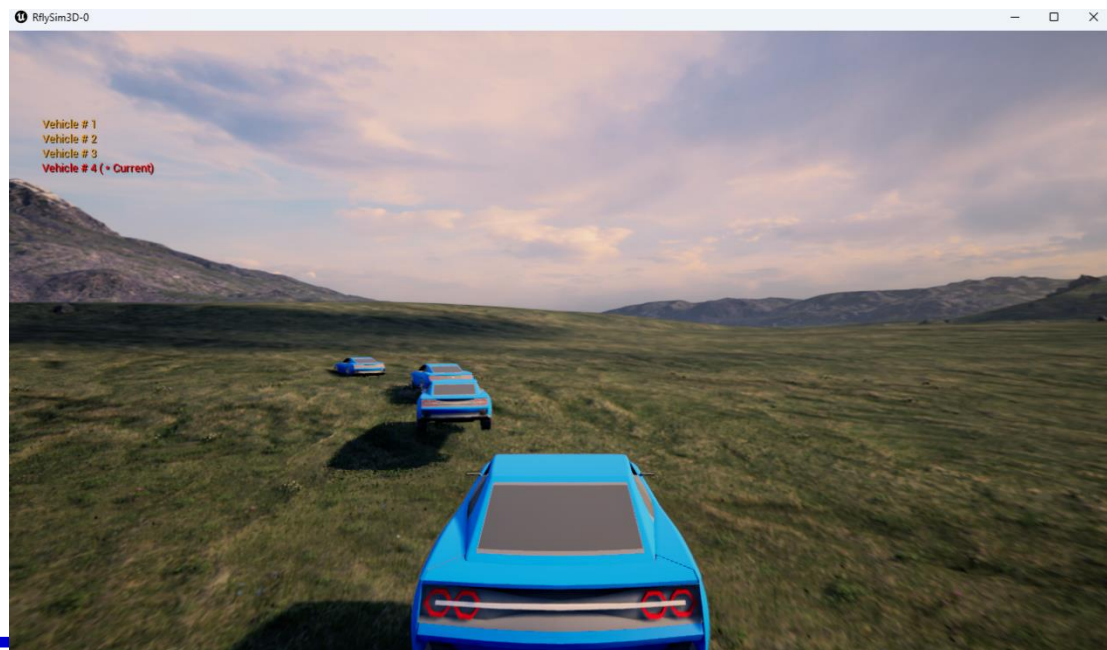


## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2差动无人车速度软/硬件在环仿真实验

该例程以Simulink/Python的形式，软硬件在环仿真模式下，通过平台速度控制接口实现单辆/多辆差动无人车速度控制。Python程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6\\_CarR1DiffCtrl\4.CarR1DiffVelCtrl\\_Py\Readme.pdf](#)。

Simulink程序具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e6\\_CarR1DiffCtrl\5.CarR1DiffVelCtrl\\_Mat\Readme.pdf](#)。

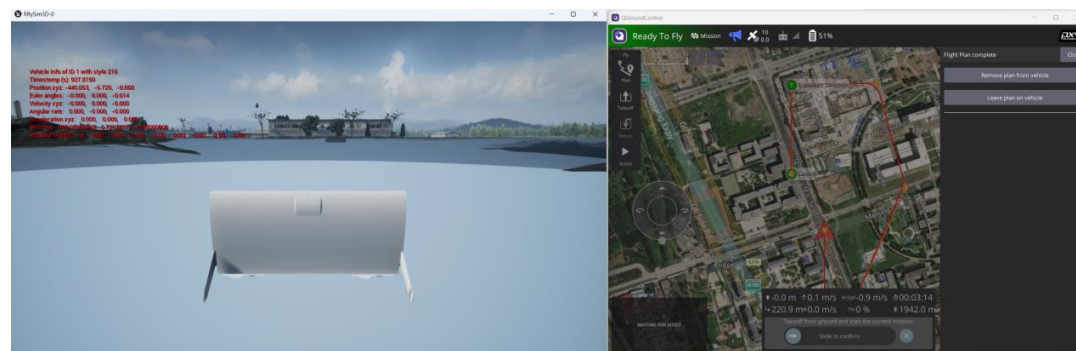




## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2 四旋翼尾座式垂起无人机软硬件在环仿真实验

该例程介绍了如何使用平台四旋翼尾座式垂起无人机进行软硬件在环仿真。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e7\\_TailsitterModelCtrl\1.TrailerModelCtrl\Readme.pdf](#)。

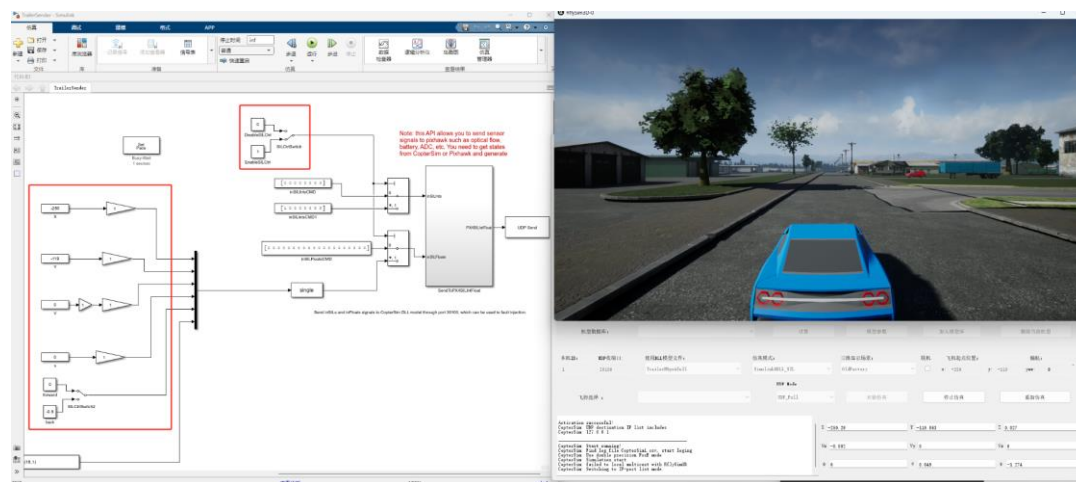




## 5.进阶案例实验（其他载具仿真）

### 5.2无人车综合模型仿真验证

在Simulink的DII模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计无人车控制器，并将控制器和DII模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个无人车整体仿真闭环，即综合模型。在得到综合模型后，通过外部控制的方法实现顶层控制。具体实验操作步骤请见：[\[安装目录\]\Rfly SimAPIs\4.RflySimModel\2.AdvExps\e7\\_TailsitterModelCtrl\2.TrailerNoPX4\Readme.pdf](#)。





# 大纲

---

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



## 6. 扩展模型接口及建模仿真案例（扩展初始仿真设置）

### • 6.1 GPS设置

- 除了北东地坐标系下的 $x$ 、 $y$ ，平台还支持在仿真时设置GPS坐标系下载具初始经纬度位置以及GPS参考原点

（这个参考原点是将北东地坐标系转换到GPS坐标系必须参数）。通过bat脚本配置载具初始位置和GPS参考原点的例程参见

[3.CustExps\e0 AdvApiExps\3.ReGPS\ReGPSBAT\Readme.pdf](#) - 。

- 同理，还可以通过调用仿真初始化模块ReqCopterSim.py中的[sendReGPSPos](#)和[sendReGPSOrin](#)方法来实现相同功能





## 6.扩展模型接口及建模仿真案例（扩展模型接口）

- 6.2 扩展模型接口

模型inCtrlExt系列接口实验	通过该例程介绍模型inCtrlExt系列输入接口的使用方法。	<a href="#">3.CustExps\e0_AdvApiExps\1.inCtrlExt\2.Python\Readme.pdf -</a>
inFromUE 输入接口实验	inFromUE为UE发往模型的32维double型数据，用于处理场景与模型的交互。	<a href="#">3.CustExps\e0_AdvApiExps\15.inFromUE\Readme.pdf -</a>



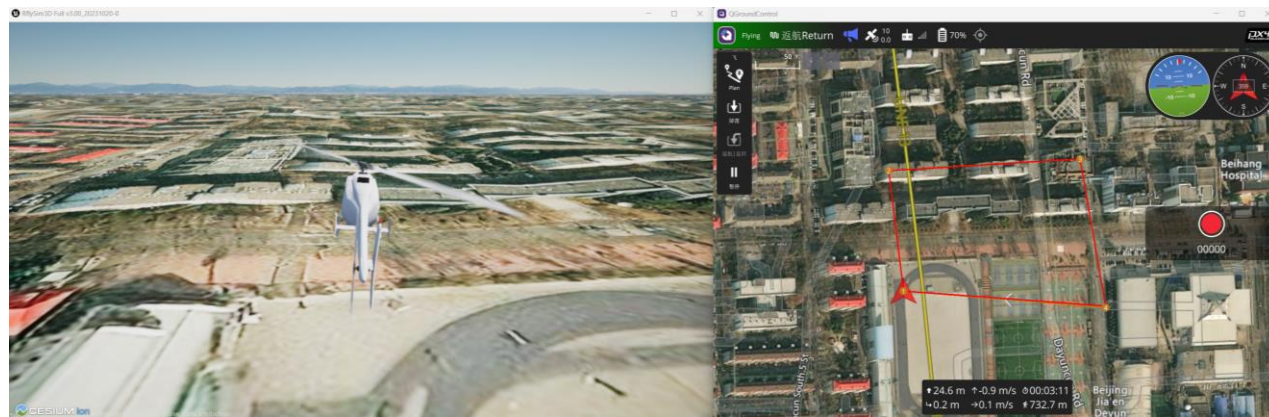
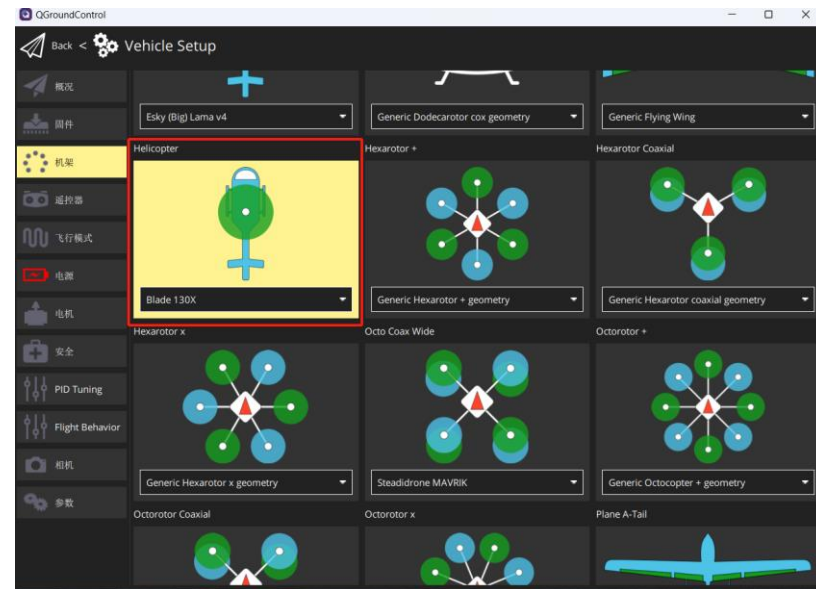
## 6.扩展模型接口及建模仿真案例（扩展建模仿真案例）

### 6.3直升机模型

搭建机型Blade 130X的直升机模型，并进行仿真验证  
具体例程如下：

[3.CustExps\e1\\_Helicopter\Readme.pdf](#)

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ M_r \\ M_p \\ M_y \end{bmatrix}$$







## 6. 扩展模型接口及建模仿真案例 (扩展建模仿真案例)

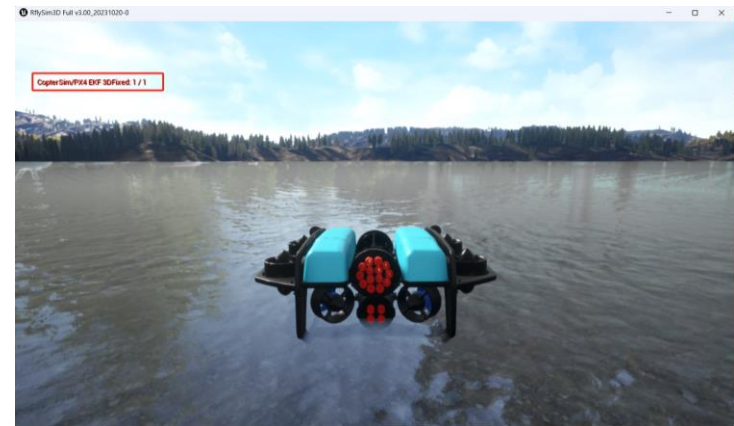
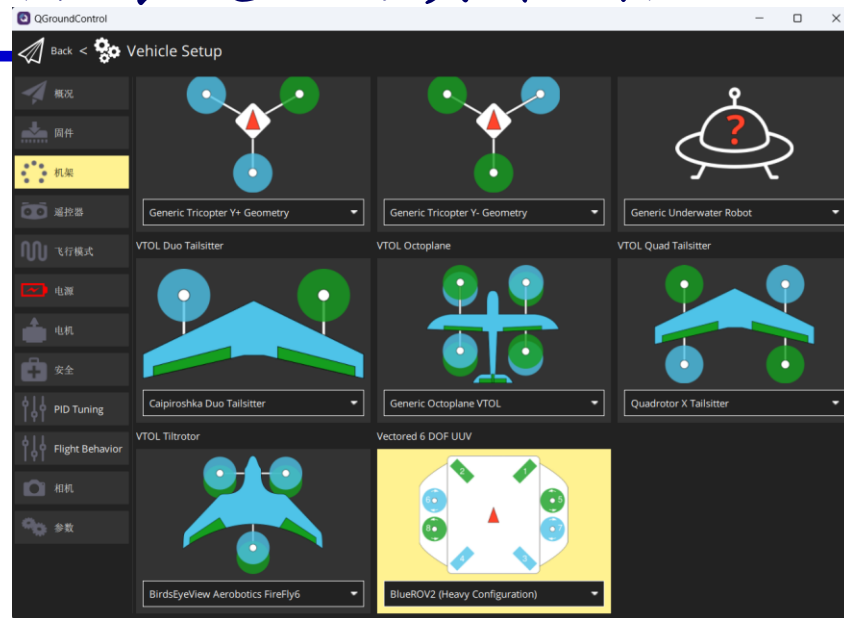
### 6.4 水下无人潜航器

搭建机型BlueRov2(Heavy Configuration)的潜航器模型, 并进行仿真验证。

具体例程如下:

[3.CustExps/e2\\_UUV/Readme.pdf](#)

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ M_r \\ M_p \\ M_y \end{bmatrix}$$



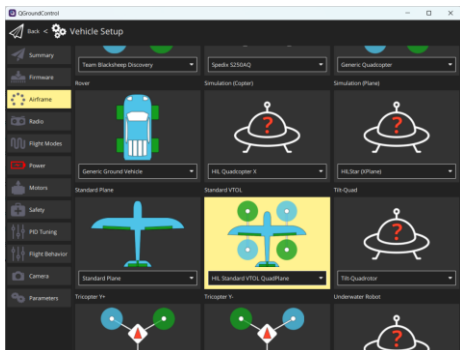


## 6. 扩展模型接口及建模仿真案例（扩展建模仿真案例）

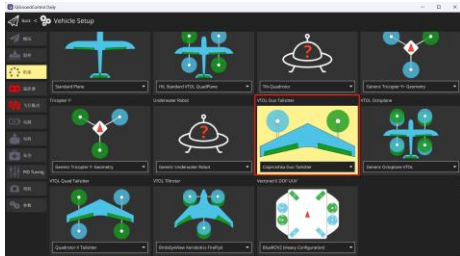
### 6.5 垂直起降飞机类

建立不同布局的垂直起降飞机并仿真验证

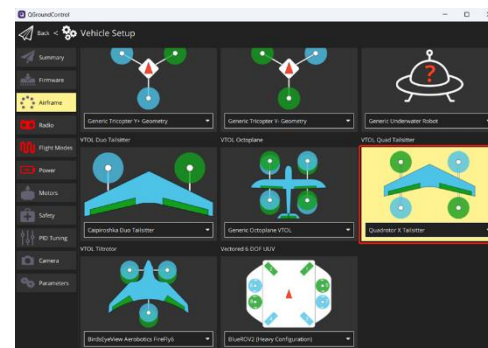
标准垂直起降飞机: [3.CustExps/e3\\_VTOLModelCtrl\1.VTOLModelCtrl\Readme.pdf](3.CustExps/e3_VTOLModelCtrl\1.VTOLModelCtrl\Readme.pdf)



双旋翼垂尾: [3.CustExps/e3\\_VTOLModelCtrl\2.Tailsitter\\_Duo\readme.pdf](3.CustExps/e3_VTOLModelCtrl\2.Tailsitter_Duo\readme.pdf)



四旋翼垂尾: [3.CustExps/e3\\_VTOLModelCtrl\4.Tailsitter\Readme.pdf](3.CustExps/e3_VTOLModelCtrl\4.Tailsitter\Readme.pdf)





## 6.扩展模型接口及建模仿真案例（扩展建模仿真案例）

### 6.6高精度拖车模型

精细化拖车模型相对于普通的小车运动仿真模型，增加了对于轮胎的建模（主要包括车轮制动系统和悬架的弹簧-阻尼系统等），具体例程见

[3.CustExps\e4\\_TrailerModelCtrl\1.TrailerModelCtrl\readme.pdf](#),

拖车综合模型例程见

[3.CustExps\e4\\_TrailerModelCtrl\2.TrailerNoPX4\readme.pdf](#)





## 6. 扩展模型接口及建模仿真案例（扩展建模仿真案例）

### 6.7 综合模型类

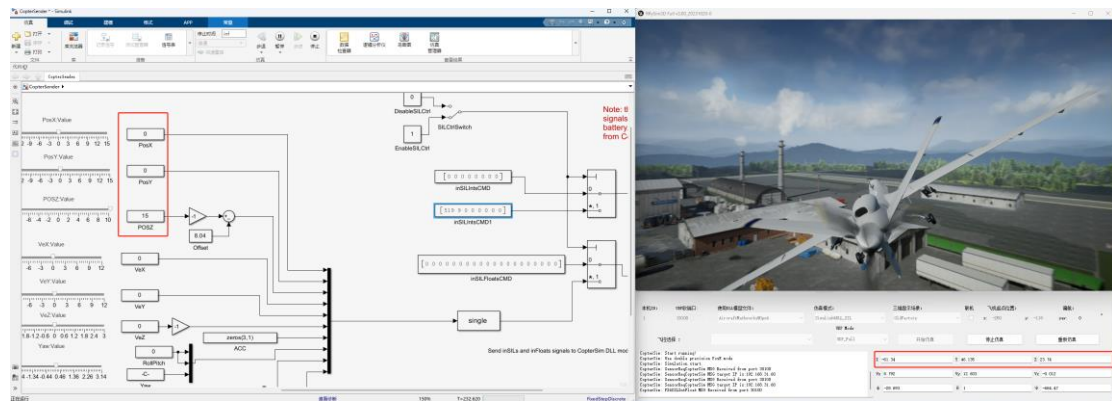
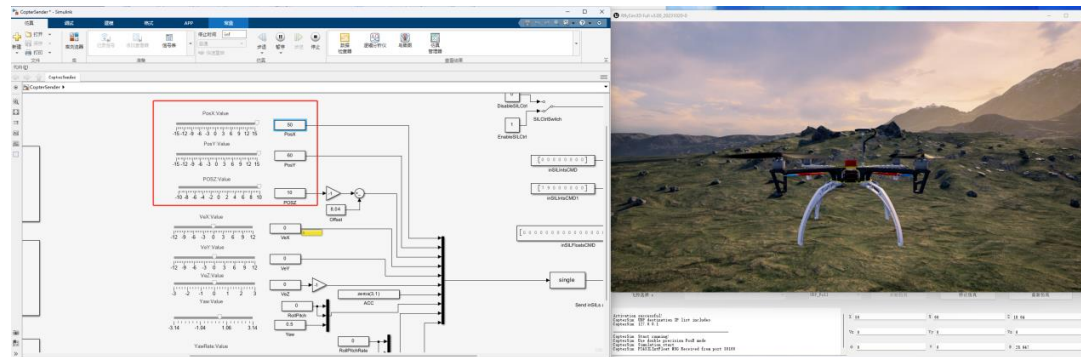
在已有标准固定翼（四旋翼）动力学模型基础上，基于MATLAB/Simulink设计固定翼（四旋翼）控制器，并将控制器和动力学模型放在同一个slx文件中，依据特定的输入输出接口，形成一个固定翼（四旋翼）整体仿真闭环，即综合模型。在得到综合模型后，通过外部控制的方法实现顶层控制。具体例程如下：

固定翼综合模型：

[3.CustExps\e5\\_CopterSimSILNoPX4\1.FixedWing\readme.pdf](#)

四旋翼综合模型：

[3.CustExps\e5\\_CopterSimSILNoPX4\2.Quadrotor\readme.pdf](#)





# 大纲

---

1. 实验平台配置
2. 统一建模框架及对应接口
3. 模型接口调用实验
4. 基础建模仿真案例
5. 进阶建模仿真案例
6. 扩展模型接口及建模仿真案例（完整版）
7. 小结



## 7. 小结

- 本讲主要讲解无人载具的运动模型建模和仿真的例程，RflySim平台采用基于模型的设计理念，它以模型为核心，大量采用自动代码生成等技术，大大提升无人载具系统的开发效率。因此本讲以循序渐进的方式讲述了RflySim平台模型开发的相关接口实验、模型开发实验以及各种载具的SIL/HIL实验。关于本讲例程的一些精彩案例效果可以参见

<https://rflysim.com/doc/zh/4/CoreExp.html> -

如有疑问，请到<https://doc.rflysim.com/>查询更多信息。



RflySim更多教程



扫码咨询与交流



飞思RflySim技术交流群



谢谢！