



---

# 智能无人集群系统开发与实践

## 基于RflySim平台的全栈开发案例

### 第2讲 实验平台配置



## 课程资源

- 本讲PPT公益课视频地址为：
- 软件的使用与配置：<https://www.bilibili.com/video/BV1UL4y1F7NL>
- 硬件的使用与配置：<https://www.bilibili.com/video/BV1qY4y187NZ>
- 更多课程资源：[https://space.bilibili.com/3493283546269949?spm\\_id\\_from=333.1007.0.0](https://space.bilibili.com/3493283546269949?spm_id_from=333.1007.0.0)
- 或使用手机扫码观看：



软件的使用与配置



硬件的使用与配置



RflySim更多教程



# 大纲

## 1. 平台的简介与安装

## 2. 软、硬件简介和配置

## 3. 软、硬基本使用实验

## 5. 后续章节实验预览

## 5. 未来功能与展望

## 7. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



飞思实验室



RflySim教程



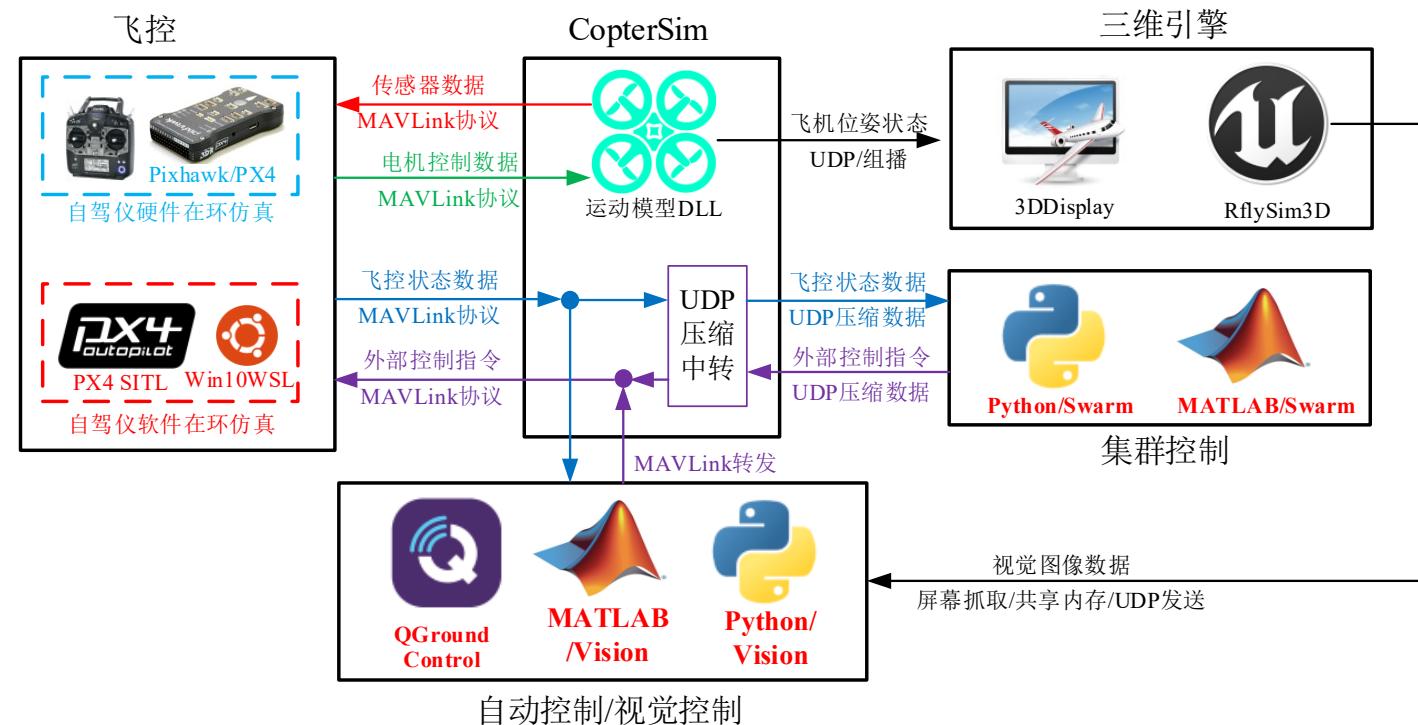
飞思实验室



# 1.平台的简介与安装

## 1.0 RflySim平台简介：

RflySim是一套专为科研和教育打造的Pixhawk /PX4和MATLAB/Simulink生态系统或工具链，采用基于模型设计（Model-Based Design, MBD）的思想，可用于无人系统的控制和安全测试。





## 1. 平台的简介与安装



- 版本区别说明（详见链接或二维码<http://rflysim.com/doc/RflySimVersions.xlsx>）：
  - RflySim平台目前分为了三个版本：基础版（免费）、高级体验版（免费）和高级完整版（付费，请咨询 [service@rflysim.com](mailto:service@rflysim.com)）。
  - 基础版作为实验平台对应了《多旋翼飞行器设计与控制实践》一书，安装包体积较小，只包含了PX4底层算法Simulink开发的功能。
  - 高级体验版在基础版上增加了飞机动力学模型开发、UE4三维场景开发、视觉控制开发和集群算法开发等功能，但是限制了集群数量和分布式仿真等功能。
  - 高级完整版在体验版上增加了最新的UE5引擎、全球大场景仿真、分布式局域网集群视觉仿真等功能。



## 1. 平台的简介与安装

---

1.1 检查电脑配置。为了能够运行RflySim平台，推荐以下电脑配置：

- **系统**: Windows 10 x64 系统 (版本大于等于1809)
- **CPU**: Intel i5 十代处理器及以上，或同等性能AMD处理器
- **显卡**: 英特尔集成显卡UHD 620及以上，或同等性能AMD显卡
- **内存**: 容量16G及以上，频率DDR3 1600MHz及以上
- **硬盘**: 剩余容量40G及以上 (推荐固态硬盘)
- **显示器**: 分辨率1080P (1920\*1080) 及以上 (推荐双屏幕)
- **接口**: 至少有一个USB Type A接口 (可用扩展线)
- **MATLAB**: 2017b或以上版本 (推荐2017b版本)

注：电脑配置应该越高越好，低配电脑也可以运行本平台Demo，但是可能出现控制不稳定、实验效果不佳等问题。MATLAB请提前自行安装。

注：本平台适用于游戏本或游戏主机，专业服务器和图形工作站不兼容本平台，会出现抖动与卡顿。



## 1.平台的简介与安装

### 1.2 软件获取及安装

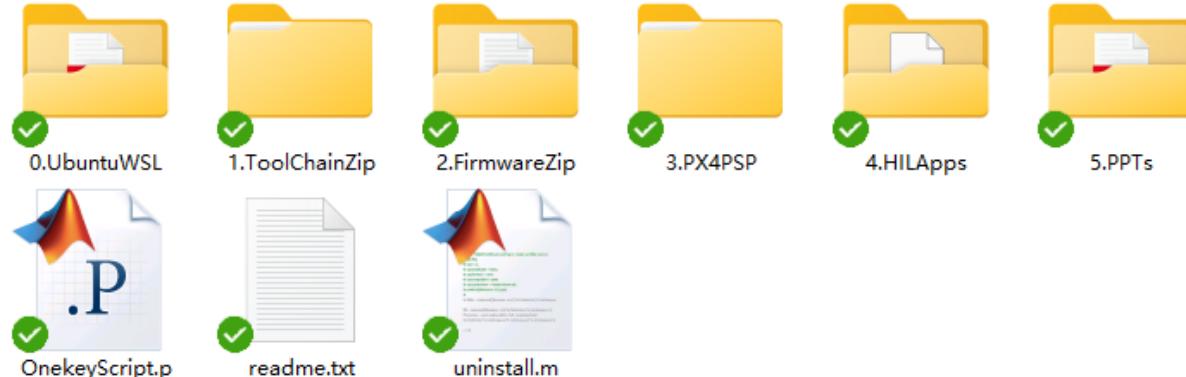
注意:

- 基础版和高级体验版镜像可以通过填写邮箱的方式，从<https://rflysim.com/download> 获取云盘下载链接。
- 完整版下载链接和注册码请咨询[service@rflysim.com](mailto:service@rflysim.com)
- 我们分享的云盘链接和密码不会变更，但里面的安装包会经常更新，因此以云盘中安装包更新的时间为版本基准。

➤ 获取安装包：从官方途径获取最新.iso的镜像（完整版是RflySimAdv3Full-\*\*\*\*.iso，体验版是RflySimAdvFree-\*\*\*\*.iso，后面\*\*\*\*表示版本号），可以鼠标右键-打开方式-Windows资源管理器来加载镜像（或用解压软件解压，或用虚拟光驱加载），从而获取右图所示安装包文件夹。



扫码查看RflySim平台视频安装教程



注意：“5.PPTs”文件夹有最新的PPT教程，运行安装脚本后会复制到PX4PSP目录，readme.txt有版本号、更新时间和更新内容

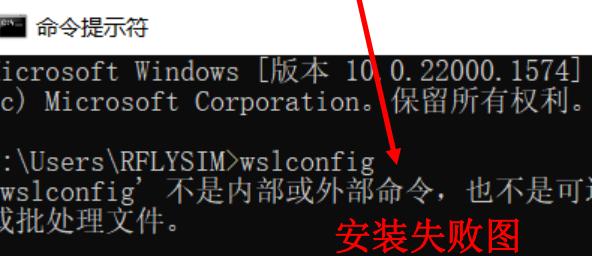
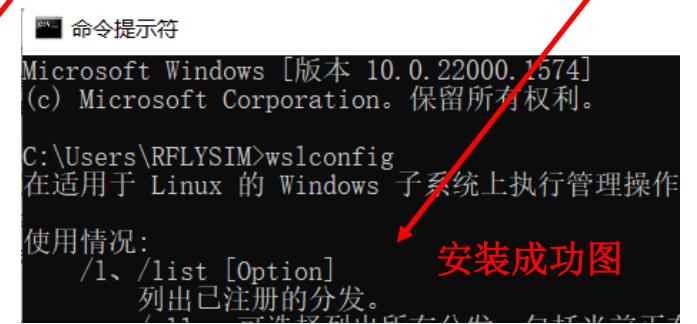
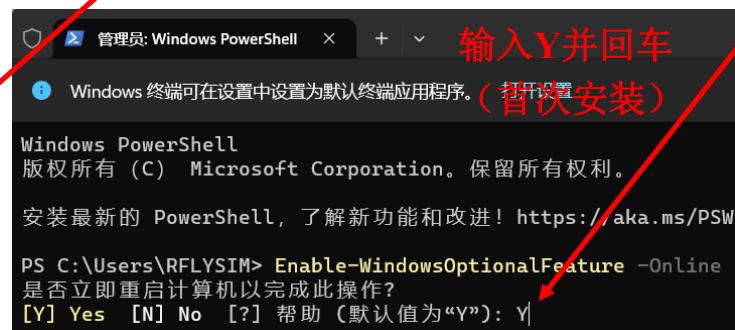
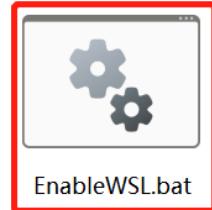


# 1. 平台的简介与安装

## 1.3 启用WSL子系统功能。

1. 对于Win10和Win11系统：推荐使用Win10WSL编译器，需要先进行如下操作：

- **开启WSL子系统功能：** 双击“0.UbuntuWSL\EnableWSL.bat”脚本（先关闭杀毒软件以免拦截），在“用户账户控制”窗口点击“是”，即可自动开启WSL子系统。
- 注意：电脑首次执行本命令，需要在弹出窗口中输入“Y”并回车来确认安装并重启电脑。如果非首次执行本命令，窗口会自动关闭，不需要重启电脑。
- 注意：若出现闪退等问题，请在CMD窗口输入wslconfig命令来检验是否安装成功。提示**命令不存在**，则说明安装失败，请尝试关闭杀毒软件，再按“0.UbuntuWSL\readme.pdf”的流程尝试手动开启。



2. 对于Win7系统（或Win10WSL编译器安装失败的情况）：只能使用Cygwin编译器。这里可以跳过上文步骤，直接在后文的一键安装脚本页面，输入“PX4固件编译器”时选择“3”：Cygwin编译器。



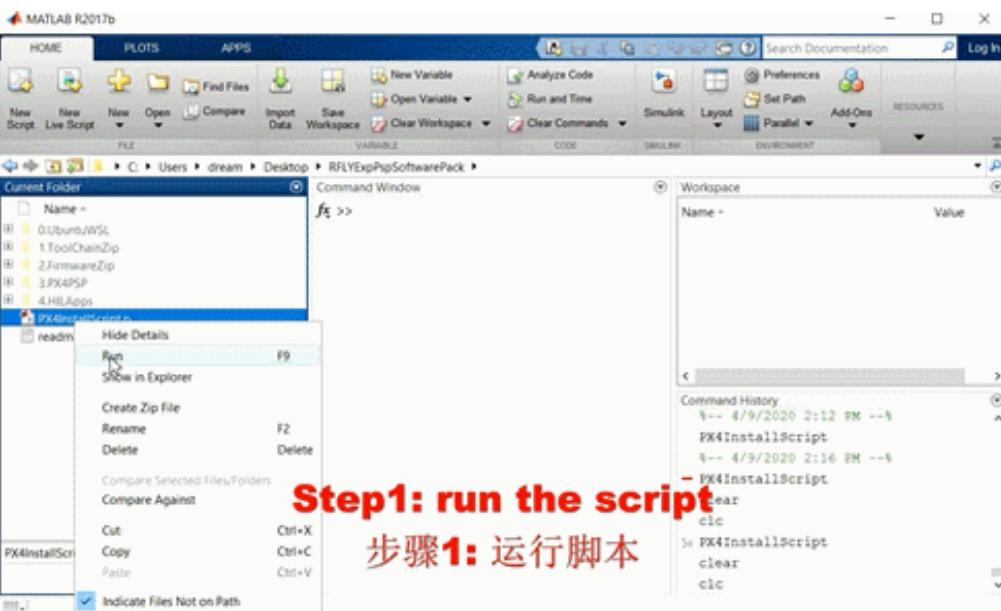
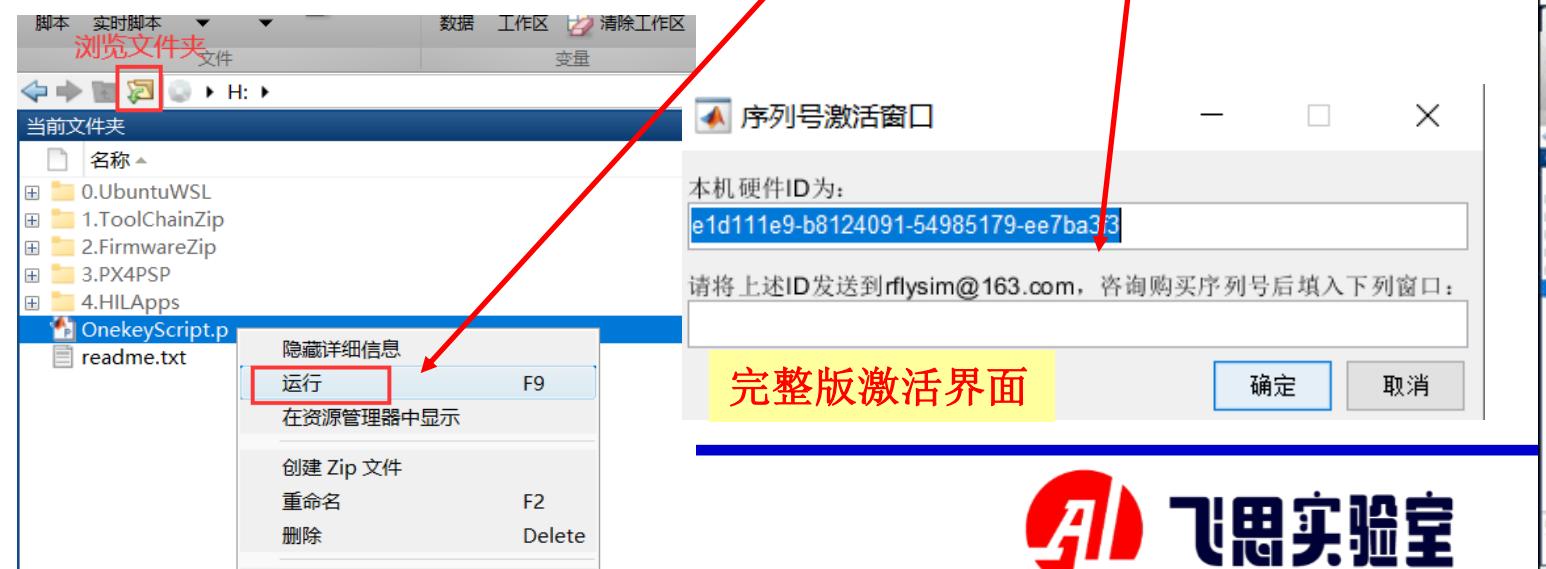


# 1.平台的简介与安装

## 1.4 一键安装脚本

- 点击MATLAB的“浏览文件夹”按钮，定位到刚才加载iso镜像得到文件夹，鼠标右键**OnekeyScript.p**，点击“运行”按钮（或在窗口输入**OnekeyScript**命令）
- 完整版会弹出激活页面，获取序列号后输入即可。体验版不会弹出激活窗无需输入序列号！
- 接着会弹出如右图所示安装页面（安装前请按照安装包内**readme.txt**事项关闭杀毒软件）

注：为提高安装速度并确保安装顺利完成，请关闭所有杀毒软件，以及Win10/11安全中心的“实时保护”





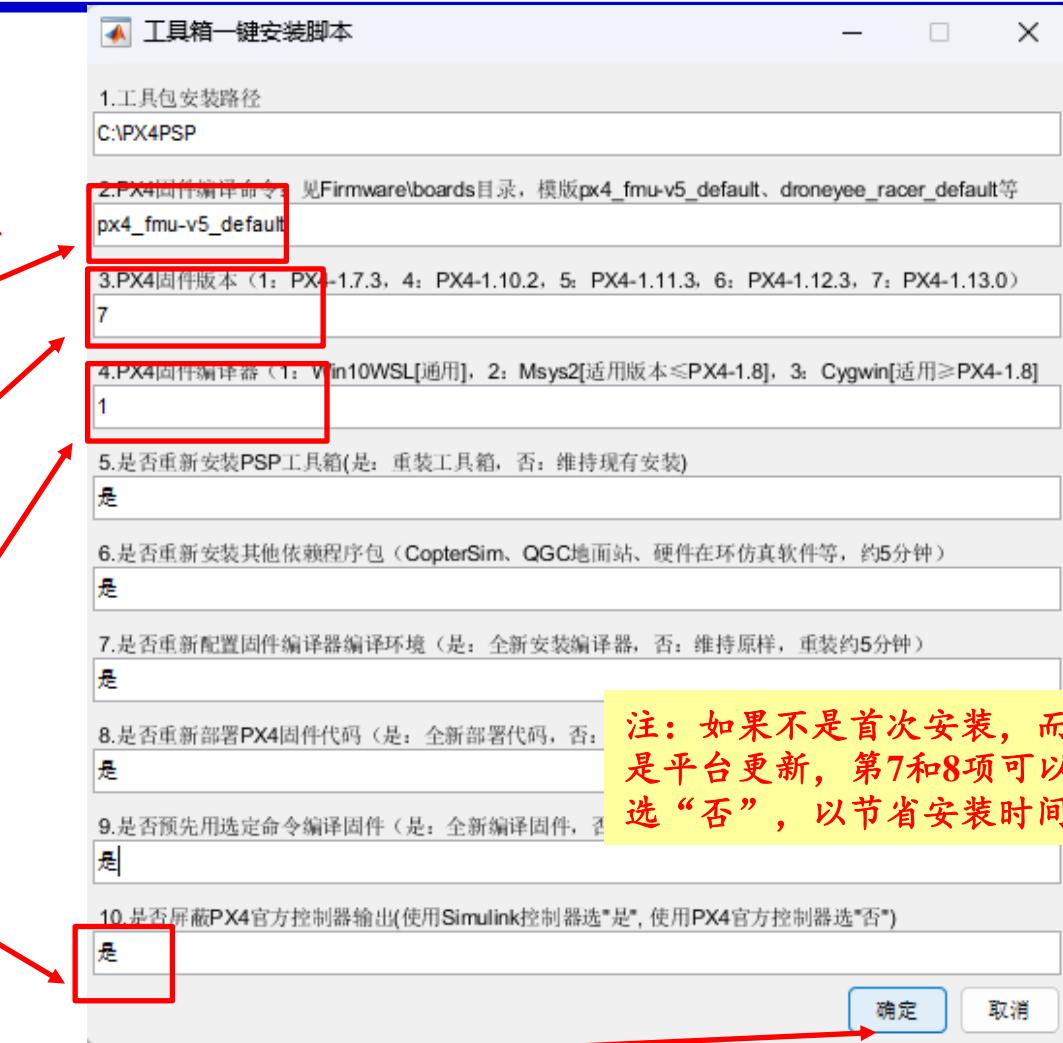
# 1.平台的简介与安装

注：Win7系统，固件编译器选3：  
Cygwin即可（限完整版），也  
适用于WSL安装不上的用户。

## 1.5 推荐安装配置-首次运行

- 首次安装本平台（或还原平台配置）可直接使用右图默认配置，全选“是”，点确定即可一键安装；底层飞控开发的用户，可根据需求修改：

- 针对Pixhawk 4飞控的底层开发，选择编译命令“px4\_fmu-v5\_default”（如果手上是其他飞控硬件，请自行修改）；
- 使用较新的PX4固件 PX4-1.13.0，固件版本选择“7”（顶层算法开发需要 $\geq 4$ 即 $\geq 1.10$ 固件）；
- 使用Win10WSL编译器，因此编译器选“1”；  
注：也可不安装WSL子系统，选“3”Cygwin（适用于Win7+），但是存在长时间运行不稳定问题，不推荐此方式。
- 是否屏蔽PX4输出选择“是”，用于满足底层算法开发需求（本选项不会屏蔽PX4\_SITL控制器的输出，因此可以正常进行软件仿真）。
- 首次安装其余全部默认选“是”，再点击“确定”按钮即可开始安装。



注：免费版固件只能选1和6，编译器只能选1和2。若需要支持其他固件、编译器、Win7系统和三维场景，请联系 [service@rflysim.com](mailto:service@rflysim.com) 获取完整版或者增量包。



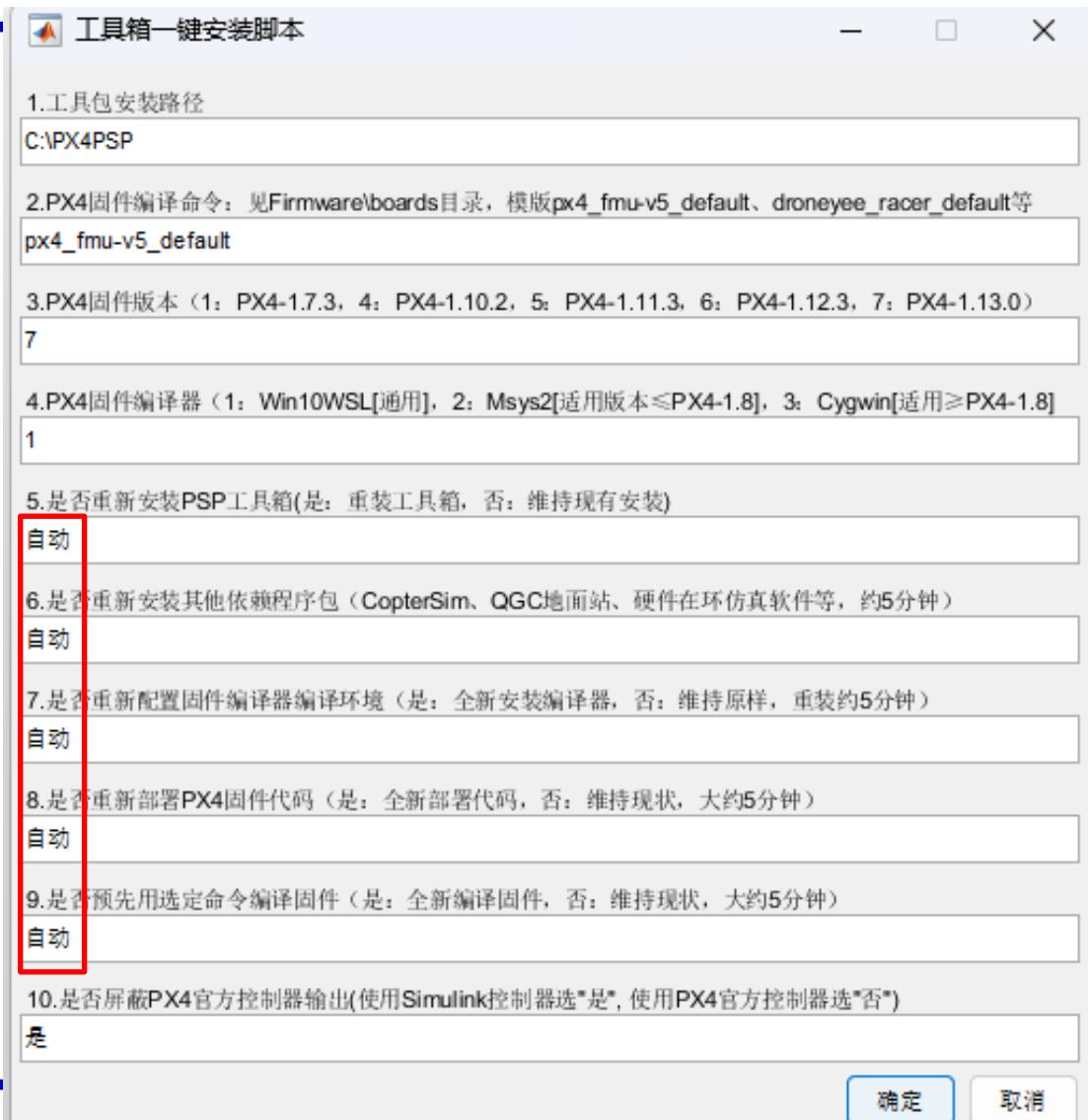
# 1.平台的简介与安装

## 1.5 推荐安装配置-后续更新

- 下载新安装包，再次运行脚本，界面如右图
- 可以看到第5项到第9项的默认选项变为了“自动”，而不是“是”或“否”。
- 在自动模式下，脚本会根据安装包内文件更新，来自动确定是否更新文件，降低使用难度，加快升级速度，缩短时间。
- 如果需要还原固件、编译器、程序包等，也可以将“自动”改为“是”，来实现强制更新。
- 注：“6.是否...程序包”的输入除了“自动”、“是”和“否”，还可以单独指定强制更新的模块（逗号分隔）以节省时间，可选模块包括：**CopterSim,drivers,FlightGear,QGroundControl,RflySim3D,RflySimAPIs,UE3DDisplay**

注：如果更新平台时出现蓝屏死机，请运行后文一键脚本卸载平台，再全新安装。

强调：“自动”表示如果相关功能有更新会自动重装对应程序，以便提高平台安装速度，也可根据自己需求改为“是”或“否”。



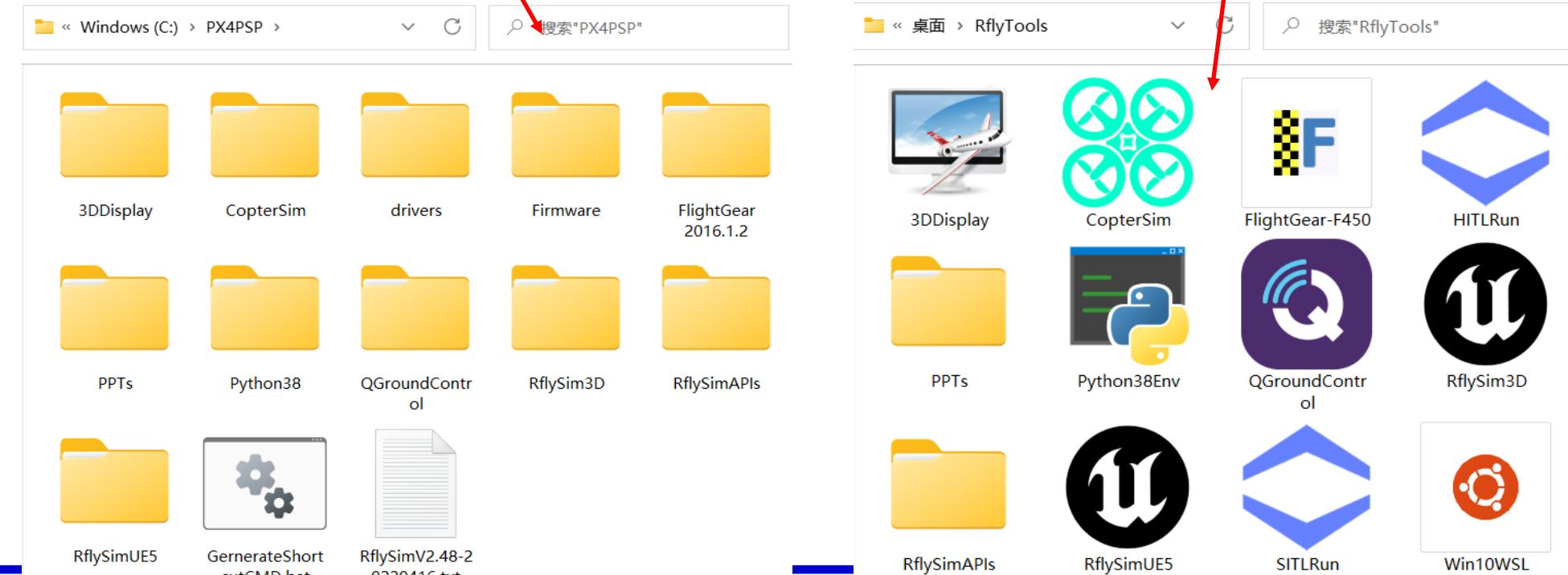
确定 取消



# 1.平台的简介与安装

## 1.6 安装后Windows效果

- 如下图所示，在安装目录（默认是C:\PX4PSP）下可以得到一系列的文件夹，其中“**RflySimAPIs**”文件夹是高级功能的接口教程文件夹，最为重要。
- 如右图所示，在桌面RflyTools文件夹内可以得到一系列的快捷方式。



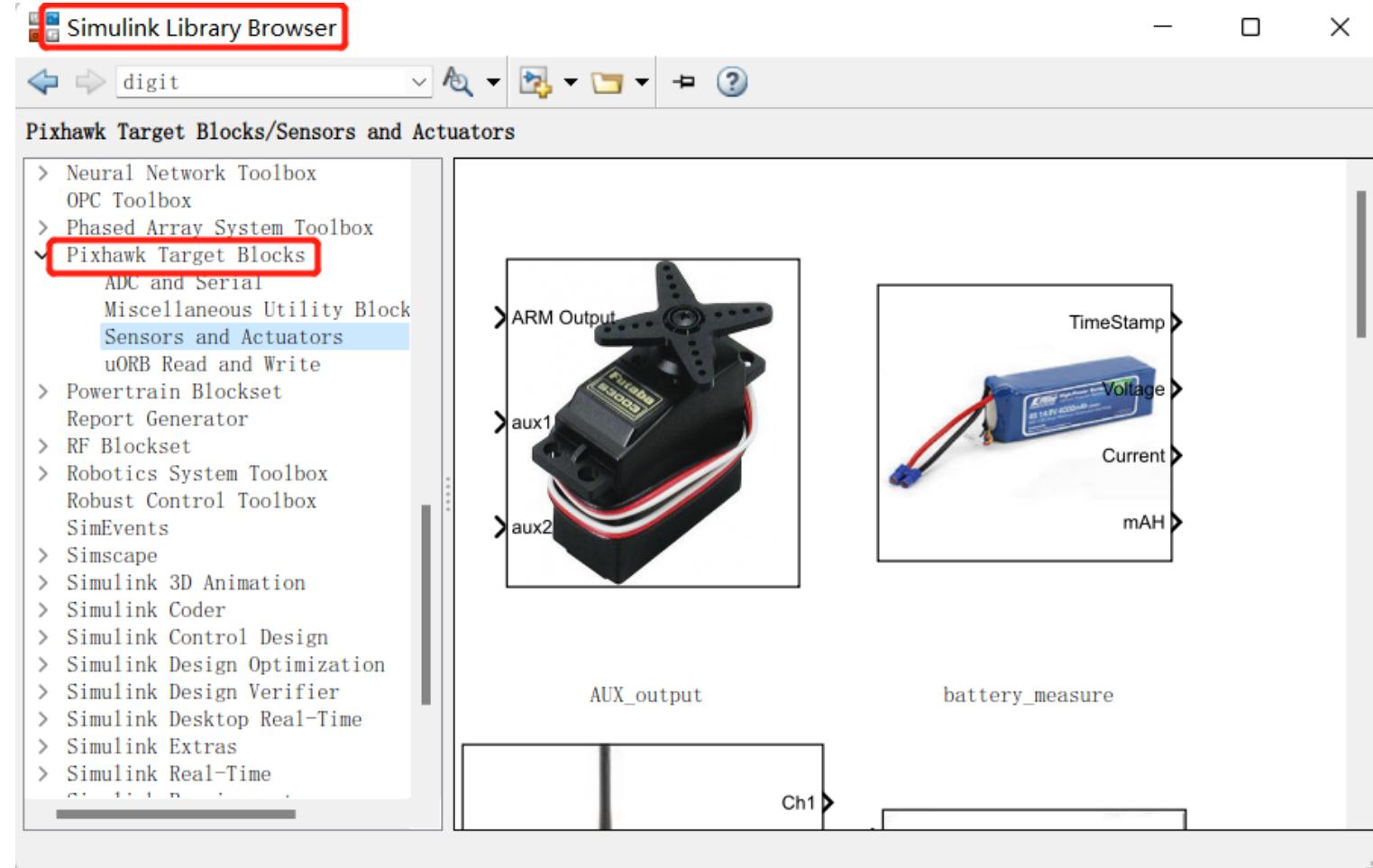


# 1.平台的简介与安装

此功能仅面向底层飞控算法开发用户，视觉和集群算法开发用户不需要查看。

## 1.7 安装后的Simulink工具箱

- 打开MATLAB，任意新建一个Simulink程序，进入库浏览器（Library browser）页面。
- 如右图，向下翻可以看到**Pixhawk Target Blocks**的工具箱，说明安装成功。
- 本功能针对底层飞控算法开发，支持Simulink设计飞控算法，并生成代码上传到Pixhawk中，进行硬件在环仿真和真机实验。

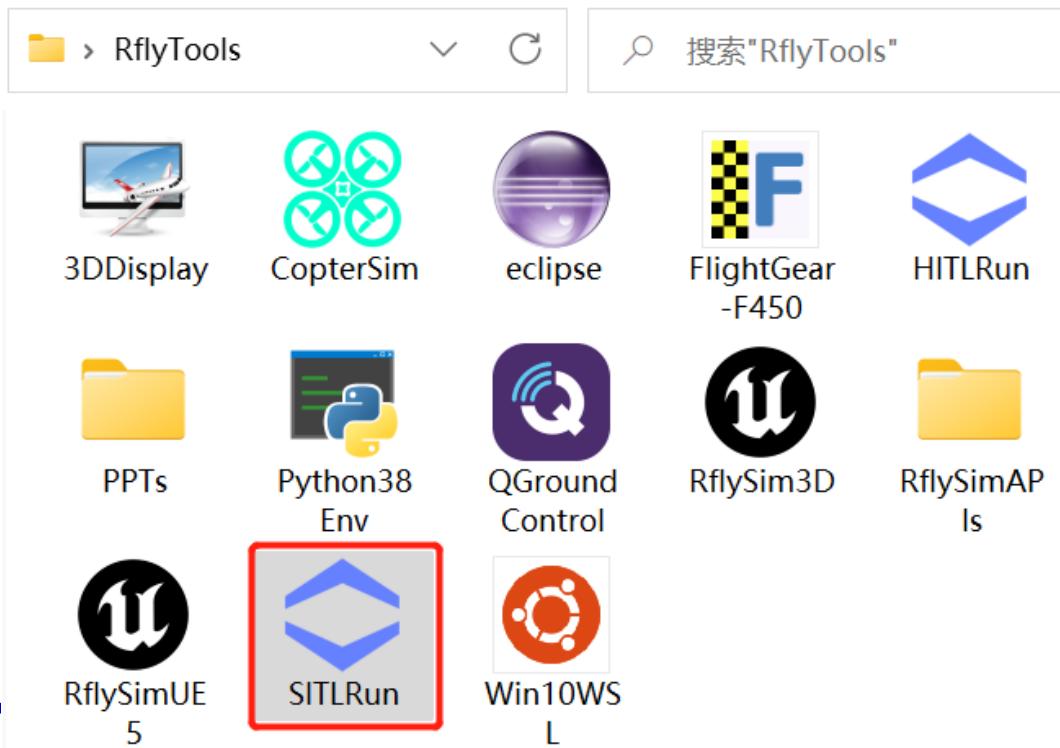




## 1.平台的简介与安装

### 1.8 平台安装成功验证

- 进入桌面“RflyTools”文件夹，双击“SITLRun”快捷方式，并输入1，再回车。
- 等到RflySim3D显示“\*\*\* EKF 3DFixed”（CopterSim上也会显示），表示飞控已经初始化完毕，可以开始控制自主飞行。



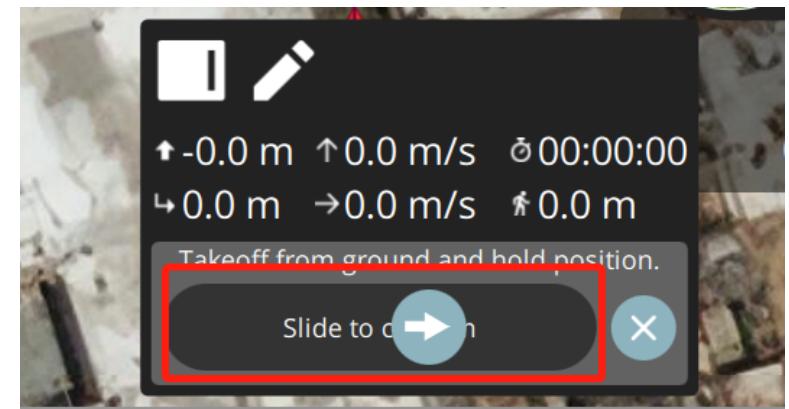
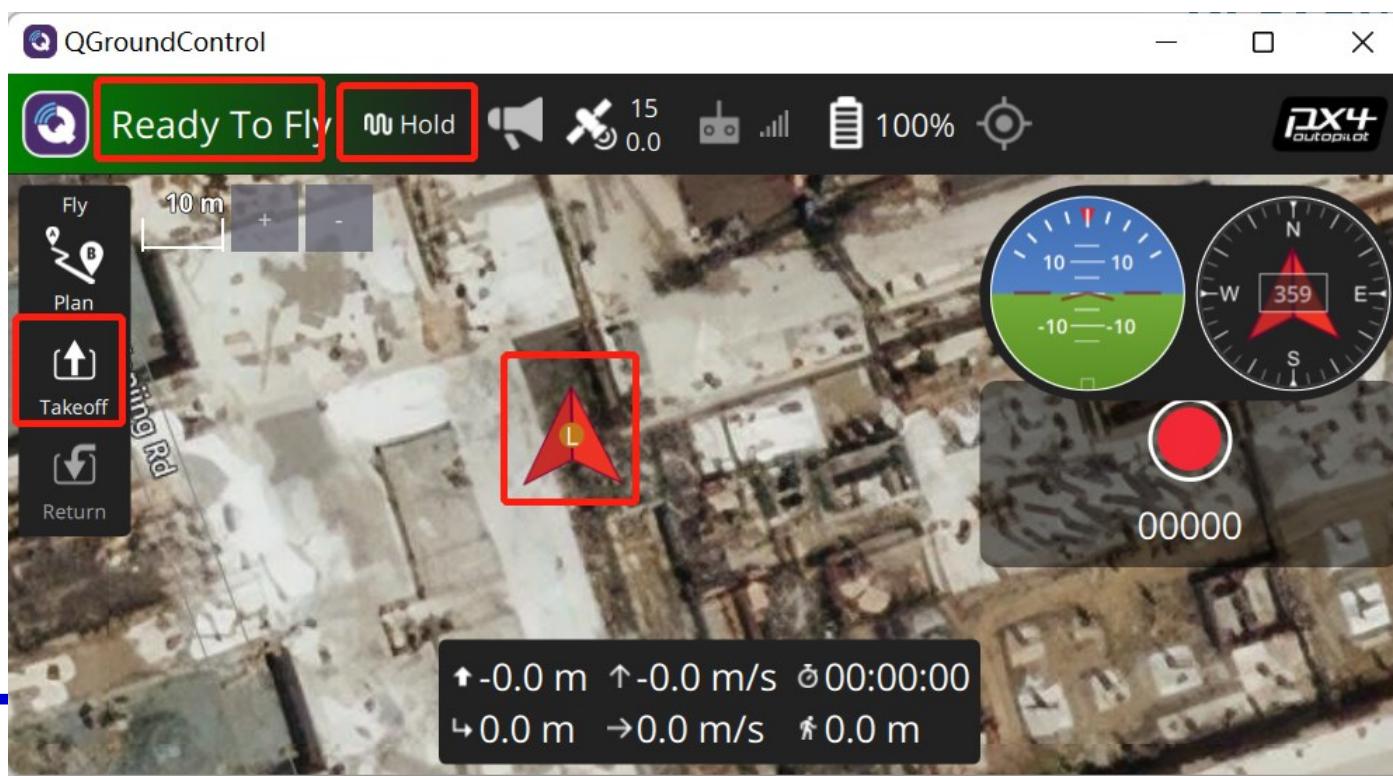


## 1.平台的简介与安装

注：如果直接运行bat脚本出现飞机抖动，请用鼠标右键并使用管理员方式打开bat脚本！这样可以获取更高的运行优先级。

### 1.8 平台安装成功验证

- 进入QGroundControl软件，看到飞机进入“Hold”模式，点击“Takeoff”按钮。
- 会弹出确认滑块，将其拖到最右侧，开始自动起飞。
- 如果飞机能离地起飞，说明平台配置正确。



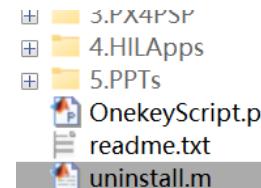


# 1.平台的简介与安装

## 1.9 平台软件卸载方法

注：只有需要卸载本平台时才需要执行本页操作。

- **自动卸载：**用MATLAB打开安装包目录，运行“**uninstall.m**”脚本，即可完成所有卸载工作。
- **手动卸载：**包含如下流程（可查看**uninstall.m** 内注释）
  1. 删除桌面RflyTools内所示快捷方式；
  2. 删除 “[文档]\MATLAB\Add-Ons\Toolboxes\PX4PSP” 文件夹。
  3. 编辑MATLAB “pathdef.m”，查找并删除残余的PX4PSP路径条目；
  4. 在Windows系统中卸载Ubuntu 18.04 LTS程序。
  5. 删除[文档]目录下的QGroundControl、FlightGear等临时目录
  6. 删除RflyMaps的本地临时Cesium地图目录
  7. 注意：[文档]\Ogre目录下存储着序列号等文件sn6.txt，完整版会保留。
  8. 删除安装目录（默认“C:\PX4PSP”）文件夹内的所有文件和子文件夹



打开  
以实时脚本方式打开  
隐藏详细信息

运行 F9  
Run Script as Batch Job  
查看帮助 F1

Enter

F9

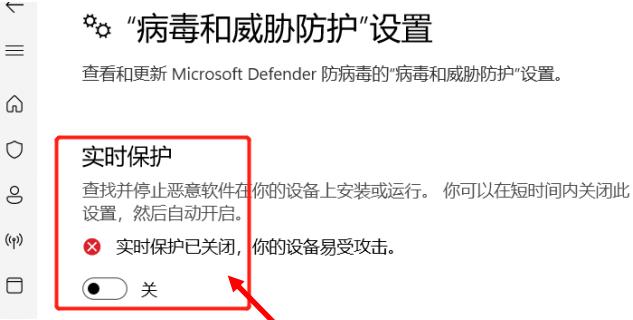
F1



# 1.平台的简介与安

## 1.10 平台安装故障排除

- 如果蓝屏、无法仿真、或无法起飞，请确认以下要点
- 若出现编译缓慢、编译时蓝屏、SITL时无法连接QGC、Offboard无法控制飞机、局域网电脑无法联机等问题，请确认，请确认彻底关闭或卸载电脑杀毒软件（如联想电脑管家、火绒、360杀毒/安全卫士、腾讯电脑管家等），并关闭Windows10的实时保护！
  - SITL命令行窗口中，查看命令是否有报错，确认px4\_sitl软件控制器运行成功。
  - CopterSim页面，消息框显示了“3D Fixed”字样，确保飞机模型正确初始化且连接飞控。
  - 重新运行一键安装脚本，并进入配置页面，确认固件版本≥PX4 1.10，编译器为Win10WSL。
  - 若还是无法起飞，请将图片和问题描述发布在<https://github.com/RflySim/RflyExpCode/issues>
  - 如安装时MATLAB出现文件占用的错误，首先尝试重启并重新打开MATLAB来安装，不能解决请卸载重装。



```
↙ SITLRun
Please input UAV swarm number:1
Start QGroundControl
Kill all CopterSims
Starting PX4 Build
The Same File
[1/1] Generating ../../logs
killing running instances
Using Airframe File: 10016_iris
starting instance 1 in /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_si
copying rcS file
PX4 instances start finished
Press any key to exit
```

注：也可按照后文添加  
杀毒排除项

```
飞控选择：
UDP Mode
UDP_Full

PX4: Enter Other Mode!
PX4: Enter Manual Mode!
PX4: EKF2 Estimator start initializing...
PX4: [logger] ./log/2022-04-04_15_47_24.ulg
PX4: Found firmware version: 1.11.3dev
PX4: Command REQUEST_AUTOPILOT_VERSION ACCEPTED
PX4: Command REQUEST_MAVLINK_VERSION ACCEPTED
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialization finished.
```

```
工具箱一键安装脚本

1.工具包安装路径
C:\PX4PSP

2.PX4固件编译命令: PX4-1.8之前样式px4fmu-v3_default, PX4-1.9之后样式px4_fmu-v3_default
px4_fmu-v6_default

3.PX4固件版本 (1: PX4-1.7.3, 4: PX4-1.10.2, 5: PX4-1.11.3, 6: PX4-1.12.3)
6

4.PX4固件编译器 (1: Win10WSL[通用], 2: Msys2[适用版本≤PX4-1.8], 3: Cygwin[适用≥PX4-1.8])
1
```



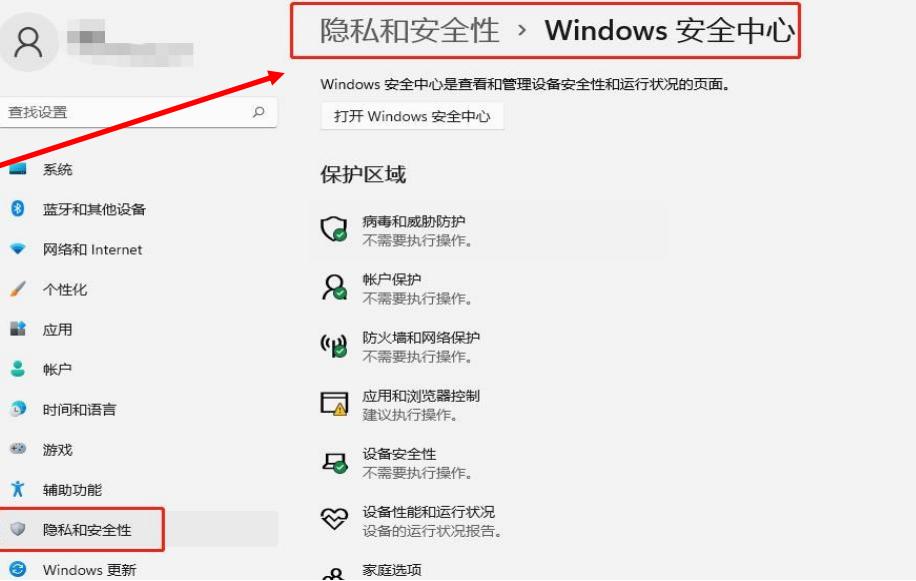
# 1.平台的简介

## 1.10 平台安装故障排除—添加杀毒排除项

- 点击电脑的设置，找到隐私和安全选项，然后打开Windows安全中心如右图所示。
- 然后打开病毒和威胁防护，找到管理设置选项，点击打开。
- 接着打开添加或删除排除项，在添加排除项中点击添加文件夹，把C:\PX4PSP路径（改成用户自己期望的安装目录，如果还没有这个文件夹，就先手动新建一个）添加进去。

注：该步骤是以window11系统为例，其它系统操作方法类似，另外，所有杀毒软件应该都有添加排除文件夹的功能，都可按照此步骤添加。

注：该步骤是比直接关闭杀毒和安全中心更方便的方式，推荐使用。



## 排除项

添加或删除要从 Microsoft Defender 防病毒扫描中排除的项目。





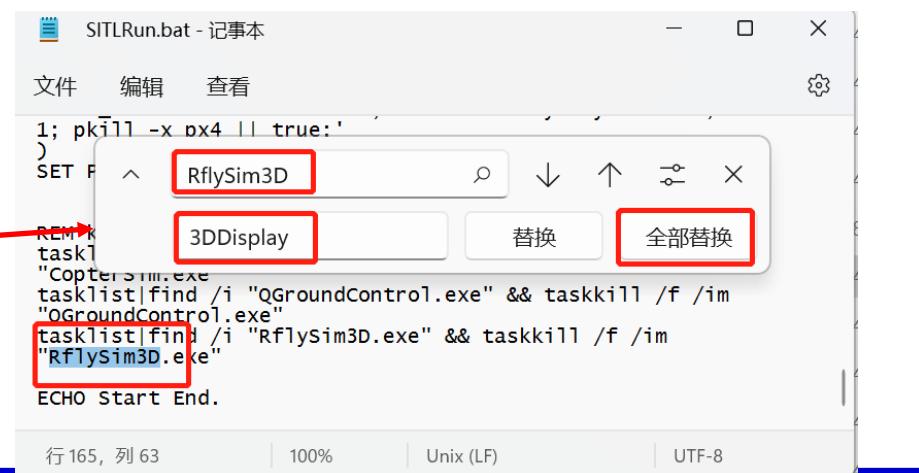
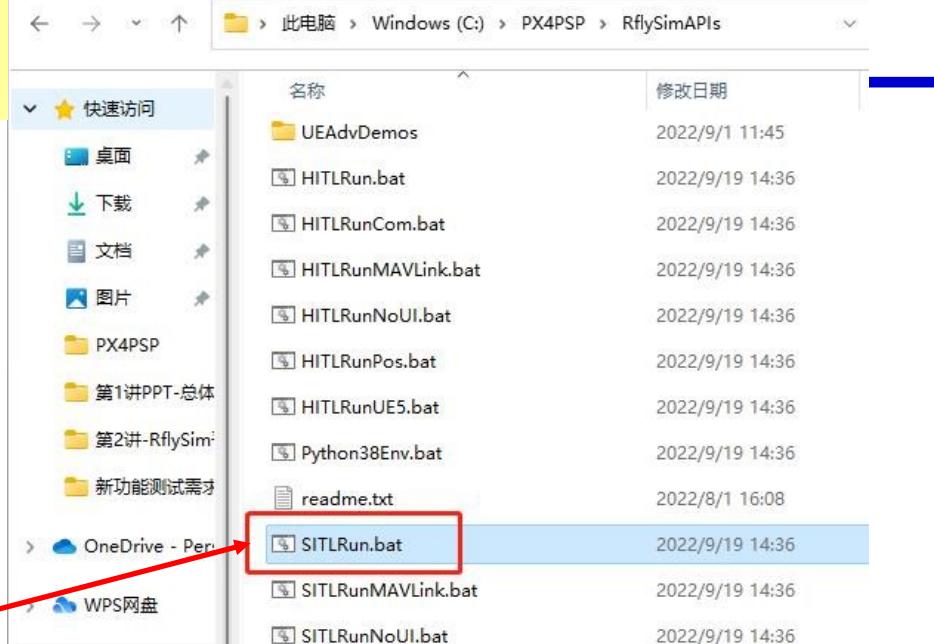
## 1.平台的简介

注：平台推荐I7+3060及以上游戏主机配置，并保证功率供应，其他配置可能出现不兼容问题

### 1.10 平台安装故障排除—电脑配置问题

对于电脑配置低，出现飞行仿真抖动的用户，可以先尝试右键以管理员方式运行bat脚本。其次，可以修改bat脚本，查找并替换其中的RflySim3D字符为3DDisplay，启用简易三维引擎来观察效果。以SITLRun脚本为例，具体步骤如下：

1. 打开平台的安装目录，默认为 C:\PX4PSP\RflySimAPIs，找到SITLRun.bat的脚本。
2. 右键编辑，修改bat脚本，使用替换工具，搜索并替换其中的所有RflySim3D字符为3DDisplay即可。
3. 右键以管理员方式修改完的bat一键脚本。



注：3DDisplay仅能用于单机姿态预览。



# 大纲

## 1. 平台的简介与安装

## 2. 软、硬件简介和配置

## 3. 软、硬基本使用实验

## 4. 后续章节实验预览

## 5. 未来功能与展望

## 6. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



淘



飞思实验室



RflySim教程



飞思实验室



## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.1 软硬件总体介绍

- RflySim平台作为一个工具链，包含了众多运用于无人系统开发的软件，如：Python 3.8环境、MATLAB / PSP工具箱、FilghtGear、QGroundControl等；同时，针对无人系统的自主开发的RflySim3D、CopterSim等。
- 除了软件系统，RflySim硬件系统有：地面计算机/机载计算机、机架系统、动力系统、遥控器系统、自驾仪系统等等。

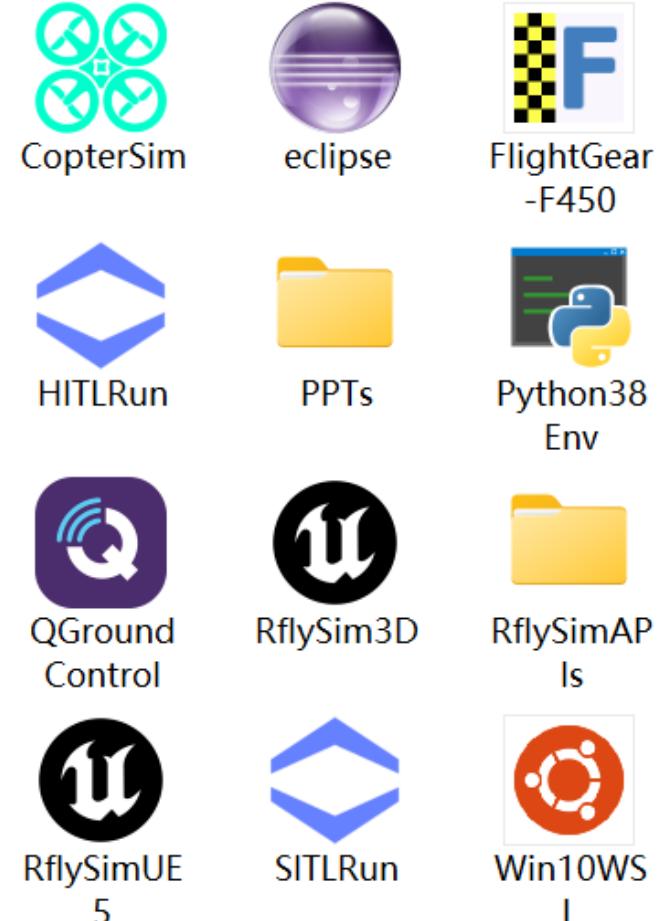




## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.2 RflySim核心软件介绍

- **CopterSim**: 本平台核心仿真软件，运行多旋翼运动动态模型，并连同其他软件构成软/硬件在环仿真。
- **RflySim3D/RflySimUE5**: 本平台核心三维显示软件，基于Unreal Engine 4 (UE4, 虚幻4, 完整版支持UE5) 引擎开发，具备高逼真虚拟现实显示效果。
- **HILRun/SILRun**: 一键快速启动脚本，可以快速开启所有视觉/集群相关软件，并完成所需配置。若运行过程中卡顿，请使用HITLRunLowGPU/SITLRunLowGPU一键启动脚本。
- **Python38Env**: 包含OpenCV等库的一个Python环境。
- **RflySimAPIs例程文件夹**: 包含了本课程的所有例程和源码，覆盖了单/多机控制、集群飞行、视觉控制等。
- **PPTs课件文件夹**: 包含了本课程对应的所有课件。
- **QGroundControl (QGC) 地面站**: 包含配置飞控参数和控制飞机起飞、降落、航线等功能。用户可以阅读如下网址来学习软件使用:<http://docs.qgroundcontrol.com/master/en/index.html>

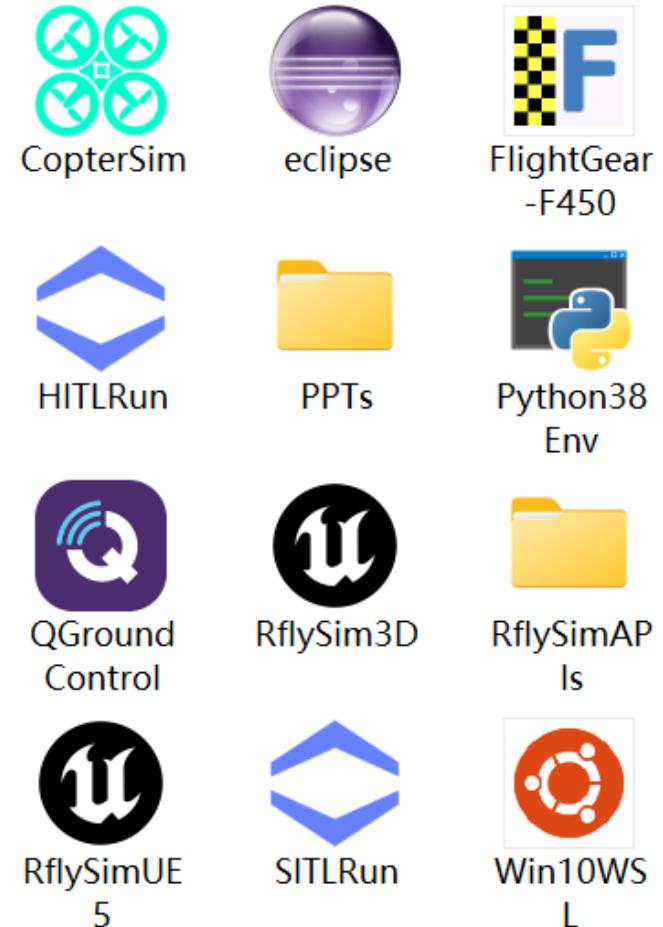




## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.2 RflySim核心软件介绍

- **Win10WSL编译器**: 用于编译固件和软件在环仿真。
- **Pixhawk Support Package (PSP) 工具箱**: Mathworks公司官方为Pixhawk自驾仪推出一个工具箱，用于将Simulink中设计的控制算法生成C代码并编译上传到Pixhawk自驾仪硬件。
- **FlightGear飞行模拟器**: 一款非常受欢迎的开源飞行模拟器软件，可以通过UDP接收Simulink发送的飞行状态，方便地观测Simulink仿真时飞机的飞行状态。
- **PX4 Firmware固件源代码**: PX4 是一款开源飞行控制软件系统，它运行在Pixhawk系列自驾仪硬件平台上，构成了Pixhawk PX4自驾仪软硬件平台，是目前世界范围内广泛应用的开源无人机自驾仪。
- **VS Code/Eclipse/VS**: 用于代码阅读、编辑与编译。





## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.3 RflySim核心硬件介绍

- 地面计算机/机载计算机。
- 机架系统：机臂、机身、起落架等。
- 动力系统：电机、电调、电池、螺旋桨等
- 遥控器系统：遥控器发射器、接收机、充电器、锂电池等。
- 自驾仪系统：自驾仪/飞控、GPS模块、电源模块、USB数据线、数传模块、机载AI视觉/集群计算机。
- 动捕系统：完整的动捕系统，可用于算法验证、运动规划、集群控制、人机交互、轨迹回放、步态分析、智慧沙盘等。





## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.4 软、硬件系统关系与配置

- 平台除了软件，还包含了硬件在环仿真和真机实验的部分。
- 底层飞控算法开发的流程为：底层飞控开发 → MATLAB软件仿真 → 自动代码生成 → 飞控软件在环仿真 → 飞控硬件在环仿真 → 室外真机实验。





## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.4 软、硬件系统关系与配置

一键安装脚本的作用主要有以下几点：

- ① 首次安装时，将平台一键部署到系统中（使用默认配置，全选“是”即可），并完成相关配置。
- ② 后续使用中，再次运行安装脚本，可以修改编译命令、编译器、固件版本、还原软件等。（不需要还原的项目选择“否”，会根据情况更新配置，节省时间）
- ③ 下载新安装包后，直接运行安装脚本（选择“自动”，会需要更新的内容），再点击确认，开始升级。





## 2. 软、硬件简介和配置

一键安装脚本选项详解：

1) 工具包安装路径。本平台的所有依赖文件都会安装在本路径下，大约需要20G的空间。默认安装路径是“C:\PX4PSP”，如果C盘空间不够可以选择其他盘符下的路径。注意：路径名称必须正确，且只能用纯英文的路径，否则会导致编译失败。

2) PX4固件编译命令。主要对应底层控制器开发需求，并使用代码生成功能，需要根据飞控硬件来选择编译命令（注：顶层视觉和集群算法开发用户不需要配置，保持默认即可）。默认为“droneyee\_zyfc-h7\_default”对应卓翼H7自驾仪。除此之外，平台将长期支持以下三款飞控：

Pixhawk V6X 编译命令为：px4\_fmu-v6x\_default； Pixhawk V6C 编译命令为：px4\_fmu-v6c\_default； Pixhawk 1 编译命令为：px4\_fmu-v3\_default。更多飞控编译指令请见：

<https://doc.rflysim.com/hardware.html>。

注：第一次安装完成后，除了重新运行本安装脚本，另一种针对不同的Pixhawk硬件板子想更换不同的编译命令（例如换成px4\_fmu-v3\_default）的方法，只需要在MATLAB中输入命令：PX4CMD('px4\_fmu-v3\_default') 或者使用命令：PX4CMD px4\_fmu-v3\_default

工具箱一键安装脚本

1.工具包安装路径

C:\PX4PSP

2.PX4固件编译命令：PX4-1.8之前样式px4fmu-v3\_default, PX4-1.9

px4\_fmu-v5\_default

-fx >> PX4CMD px4\_fmu-v3\_default



## 2. 软、硬件简介和配置

### 一键安装脚本选项详解

3) **PX4固件版本。** PX4源代码每年都会进行更新，目前最新的固件版本为1.12。随着固件版本的升级，功能会逐渐增加，支持的新产品也越多，但是对旧的一些自驾仪硬件的兼容就会变差。本实验课程推荐使用卓翼H7飞控，对应的编译指令为“droneeye\_zyfc-h7\_default”，选用的固件版本**PX4-1.12.3**。

4) **PX4固件编译器。** 由于PX4源代码的编译依赖于Linux编译环境和相关组件，本平台提供了三套编译环境来实现Windows平台下对Linux编译环境的模拟，它们分别是：基于Windows Subsystem for Linux（WSL）的编译环境Win10WSL编译器、基于Msys2的Msys2Toolchain编译环境和基于Cygwin的CygwinToolchain编译器。注意，如果需要编译≥PX4-1.8版本以上固件，请需要选择CygwinToolchain编译器；编译≤PX4-1.8版本的固件，可选择Msys2Toolchain编译器。基于Msys2或Cygwin的本地编译器，支持WIndows 7~11平台，而且部署方便，但是编译效率较低。对于Windows10 1809及以上的系统版本，推荐安装Win10WSL编译器，这种方式可以大大加快编译速度，而且兼容所有版本的PX4飞控固件。



3.PX4固件版本 (1: PX4-1.7.3, 4: PX4-1.10.2, 5: PX4-1.11.3, 6: PX4-1.12.3)

6

4.PX4固件编译器 (1: Win10WSL[通用], 2: Msys2[适用版本≤PX4-1.8], 3: Cygwin[适用≥PX4-1.8])

1



## 2. 软、硬件简介和配置

### 一键安装脚本选项详解

5) 是否全新安装PSP工具箱。如果该选项设置为“是”，会将PSP工具箱安装在本地MATLAB软件中。如果PSP工具箱已经安装过，则会对PSP工具箱进行全新安装。如果选择“否”，脚本对PSP工具箱不做任何更改（不会卸载掉安装的PSP工具箱或其他动作）。

6) 是否全新安装其他依赖程序包。如果该选项设置为“是”，会将QGC地面站、CopterSim、3DDisplay等软件部署在设定的安装路径上，并安装Pixhawk硬件的相关驱动程序，以及在桌面生成这些软件的快捷方式。如果安装路径上已经部署过相关依赖软件，选择“是”则会删除旧的安装包并进行全新重新安装。如果该选项设置为“否”则不做任何修改。

7) 是否全新配置固件编译器编译环境。如果该选项设置为“是”，会将选定的编译器（Win10WSL、CygwinToolchain或Msys2Toolchain）部署在设定的安装路径上，如果环境已经存在，则会清空旧的编译环境，进行还原与全新部署。反之，如果该选项设置为“否”则不会进行任何更改。

5.是否重新安装PSP工具箱(是：重装工具箱，否：维持现有安装)

是

6.是否重新安装其他依赖程序包（CopterSim、QGC地面站、硬件在环仿真软

是

7.是否重新配置固件编译器编译环境（是：全新安装编译器，否：维持原样，

是

注：你也可以直接在(6)中指定个别你想要重装的应用名字（逗号分隔），可用选项包括：

CopterSim,drivers,FlightGear,QGroundControl,RflySim3D,RflySimAPIs,UE3DDisplay



## 2. 软、硬件简介和配置

### 一键安装脚本选项详解

8.是否重新部署PX4固件代码（是：全新部署代码，否：维持现状，大约5分钟）

是

9.是否预先用选定命令编译固件（是：全新编译固件，否：维持现状，大约5分钟）

是

10.是否屏蔽PX4官方控制器输出(使用Simulink控制器选“是”，使用PX4官方控制器选“否”)

是

8) **是否全新部署PX4固件代码。** 如果该选项设置为“**是**”，会将选定的PX4 Firmware源代码部署在设定的安装路径上，如果固件存在，会删除旧的固件文件夹，并进行全新部署。如果该选项设置为“**否**”则不会进行任何更改。

9) **是否全新编译固件。** 如果该选项设置为“**是**”，会对部署固件进行预编译，这样可以大大节省后续代码生成与编译的时间，同时可以检测环境安装是否正常。如果该选项设置为“**否**”则不会进行任何更改。

10) **是否屏蔽PX4自身控制器输出。** 如果该选项设置为“**是**”，会对Firmware中对电机的控制信号进行屏蔽，防止与生成代码发生冲突（注：本选项不会屏蔽PX4\_SITL控制器的输出，因此可以正常进行软件在环仿真）。如果选择“**否**”，则不会进行对固件输出进行屏蔽，可以用于测试PX4自带的控制算法，因此如果要生成官方固件，本选项请选择“**否**”。



## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.5 基于模型开发流程简介

#### (1) 软件在环仿真阶段

整个阶段都在MATLAB环境下进行，利用给定多旋翼仿真模型和例程，在Simulink中进行控制算法设计，并正确连接模型和控制器，确保输入输出信号与实际多旋翼系统一致。类似于实际多旋翼系统，多旋翼模型将传感器数据或状态估计信息（例如，姿态角、角速率、位置和速度等）发送给控制器，控制器将每个电机PWM控制指令发回给模型，从而形成一个软件在环仿真闭环系统。在本阶段，读者可以观察控制性能，自行修改或设计控制器来达到期望的性能需求。

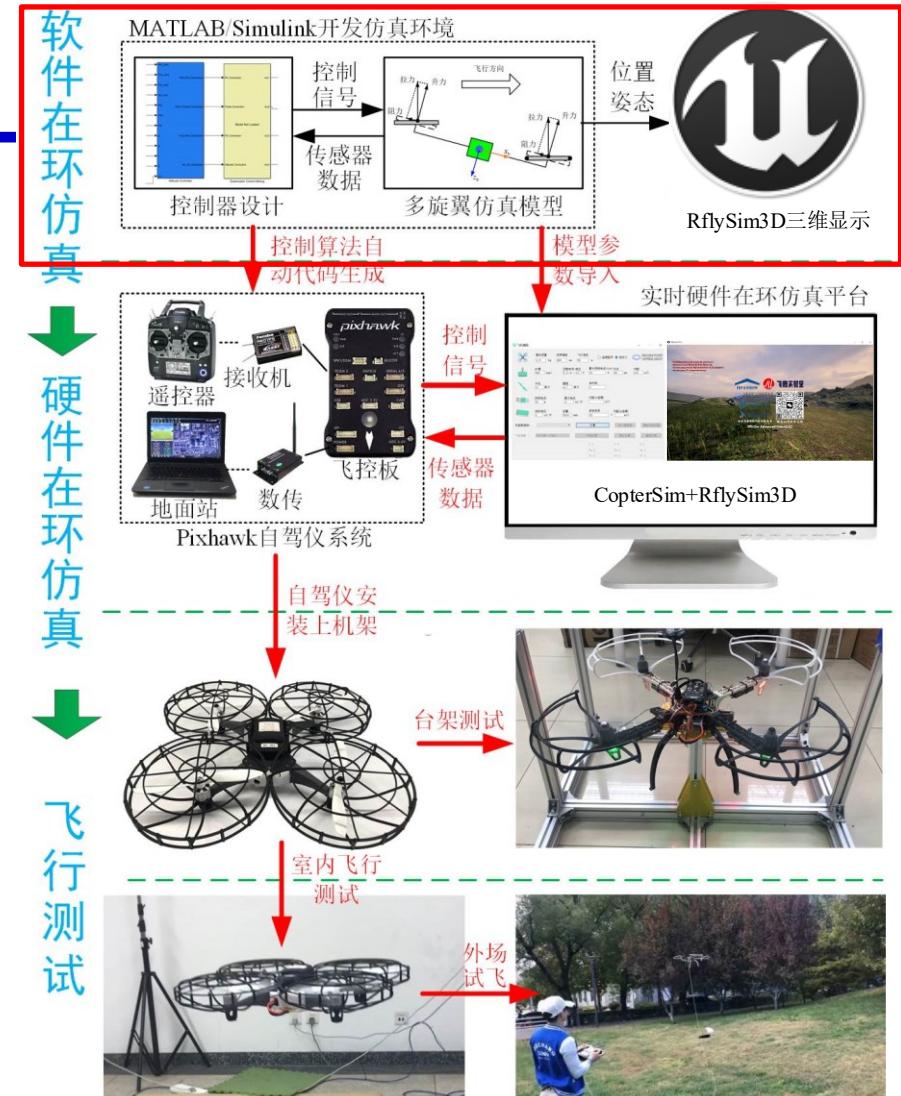


图. 实验流程图



## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.5 基于模型开发流程简介

#### (2) 硬件在环仿真阶段

利用给定的模型和例程，进行实验。模型在硬件在环多旋翼飞行器仿真器里，而控制器上传到 Pixhawk 飞控硬件环境下，其中通讯过程是通过串口线直接连接。模型通过串口线将姿态角、姿态角速率、位置和速度发送给控制器，控制器通过串口线将每个电机 PWM 控制指令发回给模型，从而形成一个闭环。

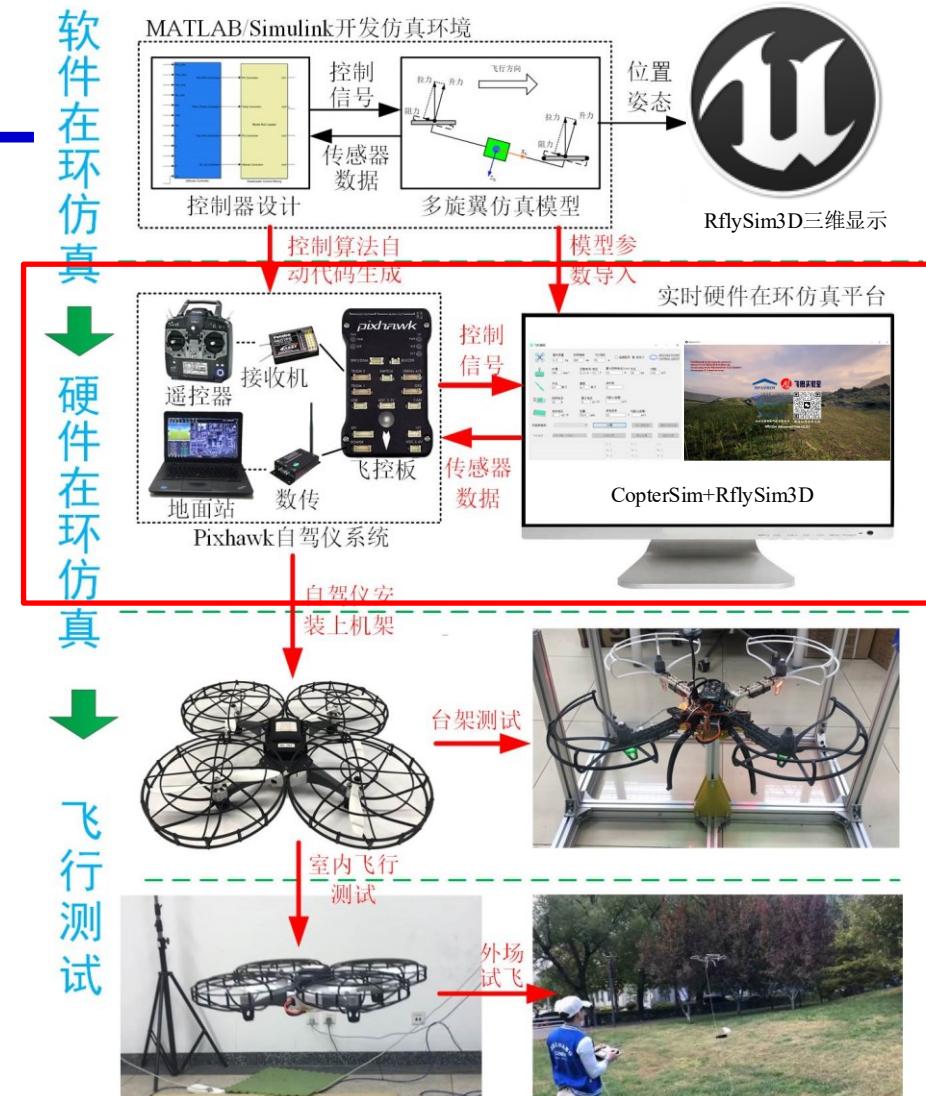


图. 实验流程图



## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.5 基于模型开发流程简介

#### (2) 硬件在环仿真阶段

将Simulink多旋翼模型参数导入到CopterSim中，并将Simulink控制器算法生成代码下载到Pixhawk自驾仪，然后用USB实体信号线替代Simulink中的虚拟信号线。

CopterSim将传感器数据（例如，加速度计、气压计、磁力计等）通过USB数据线发送给Pixhawk系统；Pixhawk系统中的PX4自驾仪软件将收到传感器数据进行滤波和状态估计，将估计的状态信息通过内部的uORB消息总线发送给控制器；控制器再通过USB数据线将每个电机的PWM控制指令发回给CopterSim，从而形成一个硬件在环仿真闭环。

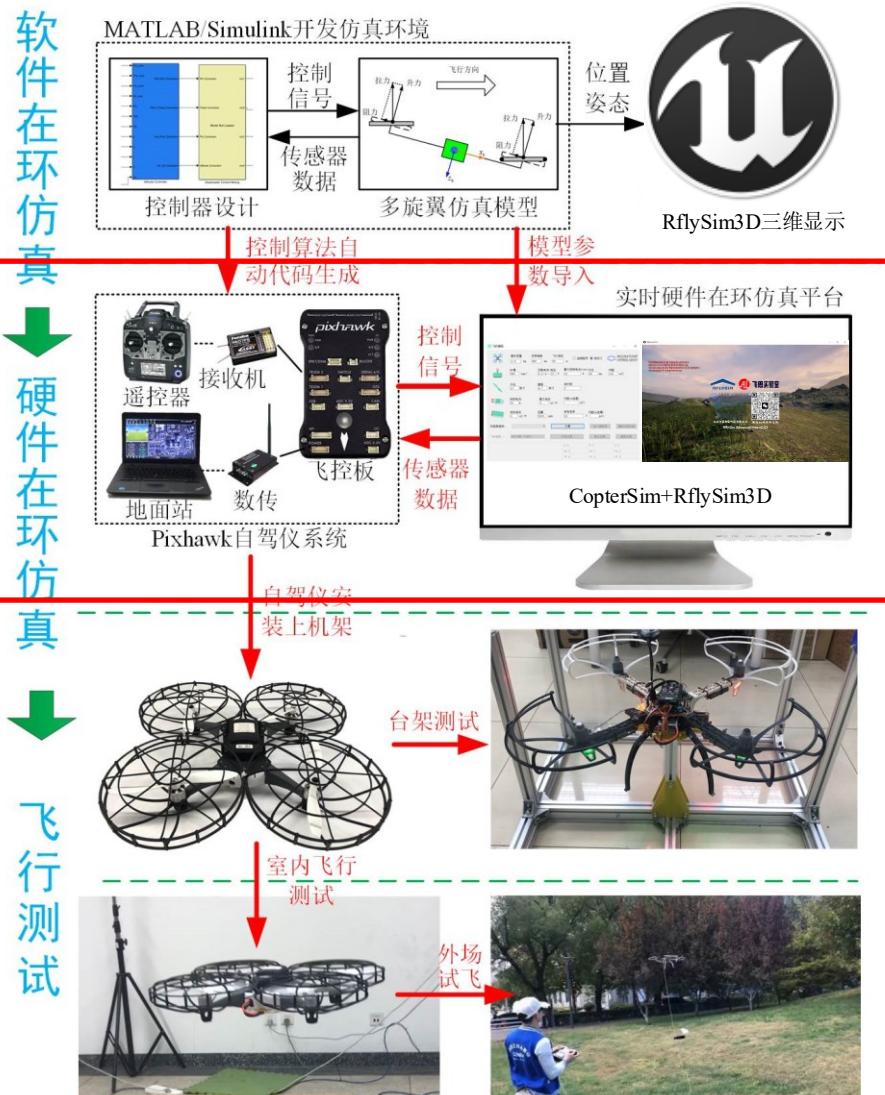


图. 实验流程图



## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.5 基于模型开发流程简介

#### (2) 硬件在环仿真阶段

相对于软件在环仿真，硬件在环仿真中多旋翼模型运行速度与实际时钟是一致的，以此保证仿真的实时性，同时控制算法可以部署并运行在真实的嵌入式系统中，更加接近实际多旋翼系统。需要注意的是，实际硬件通讯中可能会存在传输延迟，同时硬件在环系统的仿真模型和控制器所运行环境也难免与软件在环系统存在一定差异，因此控制器的参数可能需要进一步调节来达到设计需求，这也恰恰反映实际中的情况。



图. 实验流程图

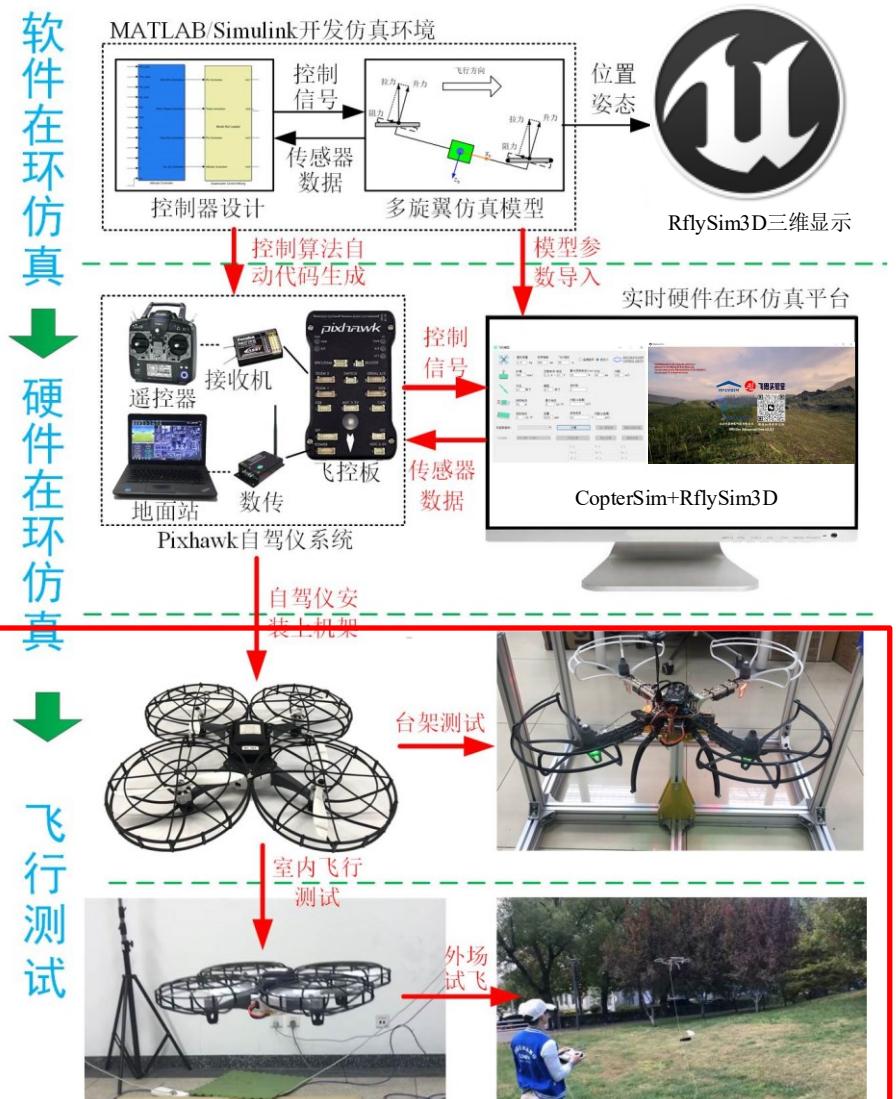


## 2. 软、硬件简介和配置

### 2.5 基于模型开发流程简介

#### (3) 飞行测试阶段

在这个阶段，CopterSim的虚拟仿真模型进一步由真实多旋翼飞行器替代，传感器数据直接由传感器芯片感知飞行运动状态得到，控制器信号直接输出给电机，从而实现真实飞机的控制。需要注意的是，无论是硬件在环仿真还是软件在环仿真，其仿真模型都难以与真实飞机保持完全一致，因此进一步的参数调整也是必要的。



飞思实验室



# 大纲

1. 平台的简介与安装
2. 软、硬件简介和配置
3. 软、硬基本使用实验
4. 后续章节实验预览
5. 未来功能与展望
6. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



飞思实验室



RflySim教程



飞思实验室



### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.1 CopterSim 使用实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验可对CopterSim进行相关设置后求解出无人机的动力系统模型。主文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\ e1\_CopterSim-Usage”，具体实验操作见文件1.BasicExps\ e1\_CopterSim-Usage\Readme.pdf，实验效果如下(部分)：





### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.2 CopterSim 导入DLL实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验根据提供一个Simulink的固定翼模型，一键导出为DLL文件，再加载CopterSim中，最后进行仿真。主文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e2\_DLL-Load”，具体实验操作见文件[1.BasicExps\e2\\_DLL-Load\Readme.pdf](#)，

实  
验





### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.3 RflySim3D快捷键与指令实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验主要讲解了RflySim3D得基本操作、快捷键及快捷指令的使用。主文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e3\_RflySim3D-Shortcut-Instruct”，具体实验操作见文件1.BasicExps\e3\_RflySim3D-Shortcut-Instruct\Readme.pdf，

实验效果如下(部分)

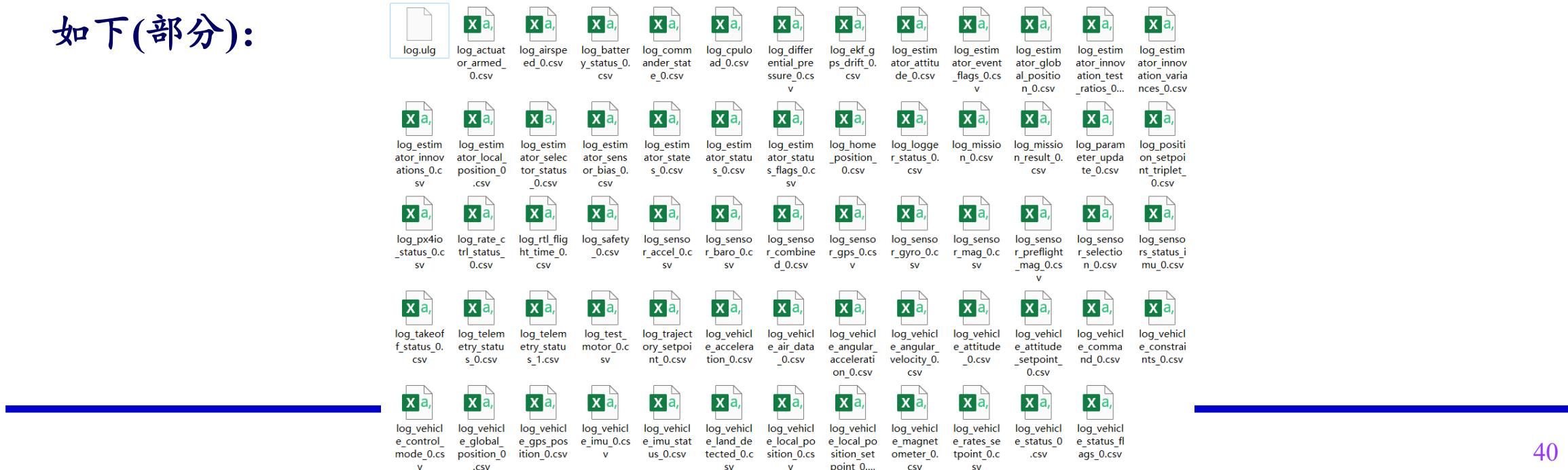




### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.4 Python38Env读取飞行日志实验

本实验基于Python3.8环境，对飞行日志.ulg文件进行读取实验。主文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e4\_Log-Reads-Python38Env”，具体实验操作见文件[1.BasicExps\e4\\_Log-Reads-Python38Env\Readme.pdf-](#)，实验效果如下(部分)：





### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.5 手动软件在环仿真配置实验

本实验基于Win10WSL编译仿真指令，实现手动配置整个软件在环的仿真环境。

主文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e5\_Manual-SIL”，

具体实验操作见文件[1.BasicExps\e5\\_Manual-SIL\Readme.pdf](#)，实验效果如下(部分)：

```
program: none
model: none
world: none
src_path: /mnt/c/PX4PSP/Firmware
build_path: /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default
empty model, setting iris as default
SITL COMMAND: "/mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default/bin/px4" "/mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default"/etc -s etc/init.d-posix/rcS -t "/mnt/c/PX4PSP/Firmware"/test_data
INFO [px4] Creating symlink /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default/etc -> /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_sitl_default/tmp/rootfs/etc

[ ] [ ] v [ ] [ ]
px4 starting.

INFO [px4] Calling startup script: /bin/sh etc/init.d-posix/rcS 0
Info: found model autostart file as SYS_AUTOSTART=10016
INFO [param] selected parameter default eeprom/parameters_10016
[param] parameter file not found, creating eeprom/parameters_10016
SYS_AUTOCONFIG: curr: 0 -> new: 1
SYS_AUTOSTART: curr: 0 -> new: 10016
CAL_ACC0_ID: curr: 0 -> new: 1310988
CAL_GYRO0_ID: curr: 0 -> new: 1310988
CAL_ACC1_ID: curr: 0 -> new: 1310996
CAL_GYRO1_ID: curr: 0 -> new: 1310996
CAL_ACC2_ID: curr: 0 -> new: 1311004
CAL_GYRO2_ID: curr: 0 -> new: 1311004
CAL_MAG0_ID: curr: 0 -> new: 197388
CAL_MAG1_ID: curr: 0 -> new: 197644
SENS_BOARD_X_OFFSET: curr: 0.0000 -> new: 0.0000
SENS_DPRES_OFFSET: curr: 0.0000 -> new: 0.0010
* SYS_AUTOCONFIG: curr: 1 -> new: 0
IMU_INTEG_RATE: curr: 200 -> new: 250
```



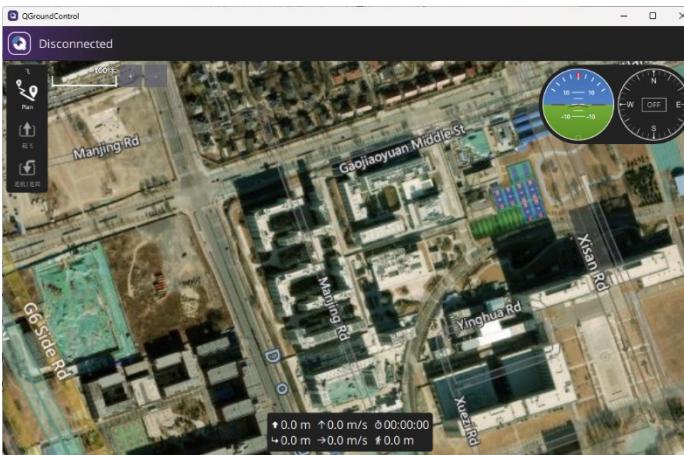
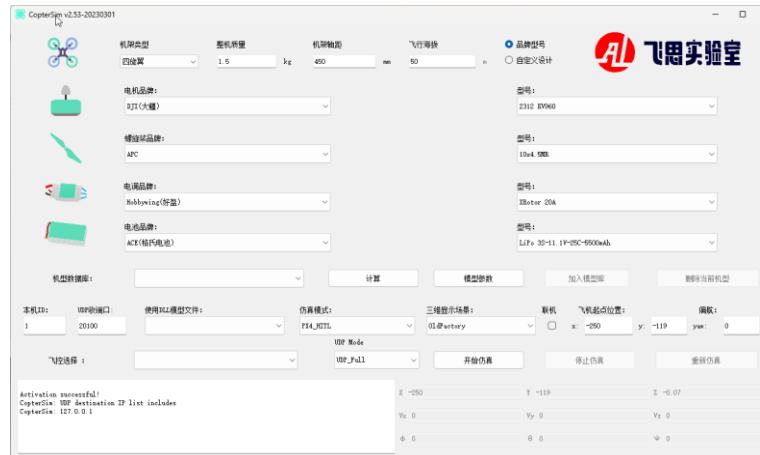
### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.6 BAT脚本启动组件实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验基于Windows批处理语言，编写BAT脚本，实现RflySim中多个组件的一键。文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e6\_BAT-Startup”，具体实验操作见文件[1.BasicExps\e6\\_BAT-Startup\Readme.pdf](#)，实验效果如下(部分)：





### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.7 MATLAB代码自动生成飞控固件实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验基于RflySim平台的MATLAB自动代码生成模块，在Simulink搭建完成的控制模型，可直接一键生成飞控固件。具体实验操作见文件[1.BasicExps\1.BasicExps\Readme.pdf](#)，文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\1.BasicExps\Code-Generation\Readme.pdf”，文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\1.BasicExps\Code-Generation\Readme.pdf”。

```
Stabilizing_HL [196/225] Linking CXX static library src/modules/mavlink/libmodules_mavlink_original.a  
[197/225] Linking CXX static library src/modules/sensors/vehicle_imu/libvehicle_imu.a  
[198/225] Linking CXX static library src/modules/sensors/vehicle_magntometer/libvehicle_magntometer.a  
[199/225] Linking CXX static library src/modules/sin/libmodules_sinh.a  
[200/225] Linking CXX static library src/modules/temperature_compensation/libmodules_temperature_compensation.a  
[201/225] Linking CXX static library src/examples/fake_gps/libmodules_fake_gps.a  
[202/225] Linking CXX static library src/modules/navigator/libmodules_navigator.a  
[203/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/Auto/libFlightTaskAuto.a  
[204/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/ManualAltitude/libFlightTaskManualAltitude.a  
[205/225] Linking CXX static library src/modules/sensors/libmodules_sensors.a  
[206/225] modules_mavlink merging source  
[207/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/AutoMapper/libFlightTaskAutoMapper.a  
[208/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/AutoFollowMe/libFlightTaskAutoFollowMe.a  
[209/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/ManualPosition/libFlightTaskManualPosition.a  
[210/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/ManualAltitudeSmoothVel/libFlightTaskManualAltitudeSmoothVel.a  
[211/225] Building C object src/modules/flight_mode_manager/tasks/AutoSmoothVel/CMakefile  
[212/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/ManualPositionSmoothVel/libFlightTaskManualPositionSmoothVel.a  
[213/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/ManualAccelerationSmoothVel/libFlightTaskManualAccelerationSmoothVel.a  
[214/225] Linking CXX static library src/modules/flight_mode_manager/tasks/Orbit/libFlightTaskOrbit.a  
[215/225] Building CXX object src/modules/flight_mode_manager/CMakefiles/flight_mode_manager.dir/FlightTasks_generated.cpp.o  
[216/225] Building CXX object src/modules/flight_mode_manager/CMakefiles/flight_mode_manager.dir/FlightModelManager.cpp.o  
[217/225] Building CXX object src/modules/flight_mode_manager/CMakefiles/flight_mode_manager.dir/FlightModelManager.cpp.o  
[218/225] ROMFS: generating image  
[219/225] Linking C static library src/modules/flight_mode_manager/libmodules_flight_mode_manager.a  
[220/225] Building C object ROMFS/CMakefiles/romfs.dir/nsh_romfsming.c.oobj  
[221/225] Linking C static library ROMFS/libromfs.a  
[222/225] Linking CXX static library src/modules/mavlink/libmodules_mavlink.a  
[223/225] Linking CXX executable droneyee_zync-h7_default.elf  
Memory region Used Size Region Size %age Used  
ITCM_RAM: 0 GB 64 KB 94.41%  
FLASH: 1856273 B 192 KB 94.41%  
DTCHL_RAM: 0 GB 64 KB 0.00%  
DTCHL_FLASH: 0 GB 64 KB 0.00%  
AXI_SRAM: 44194 B 512 KB 8.43%  
SRAM1: 0 GB 168 KB 0.00%  
SRAM2: 0 GB 128 KB 0.00%  
SRAM3: 0 GB 32 KB 0.00%  
SRAM4: 0 GB 64 KB 0.00%  
BKPRAM: 0 GB 4 KB 0.00%  
[224/225] Generating ../../droneyee_zync-h7.bin  
[225/225] Creating /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/droneyee_zync-h7_default/droneyee_zync-h7_default.px4  
"## Finished calling CMAKE build process ##"  
"## Done invoking postbuild tool."  
"## Successfully generated all binary outputs."
```

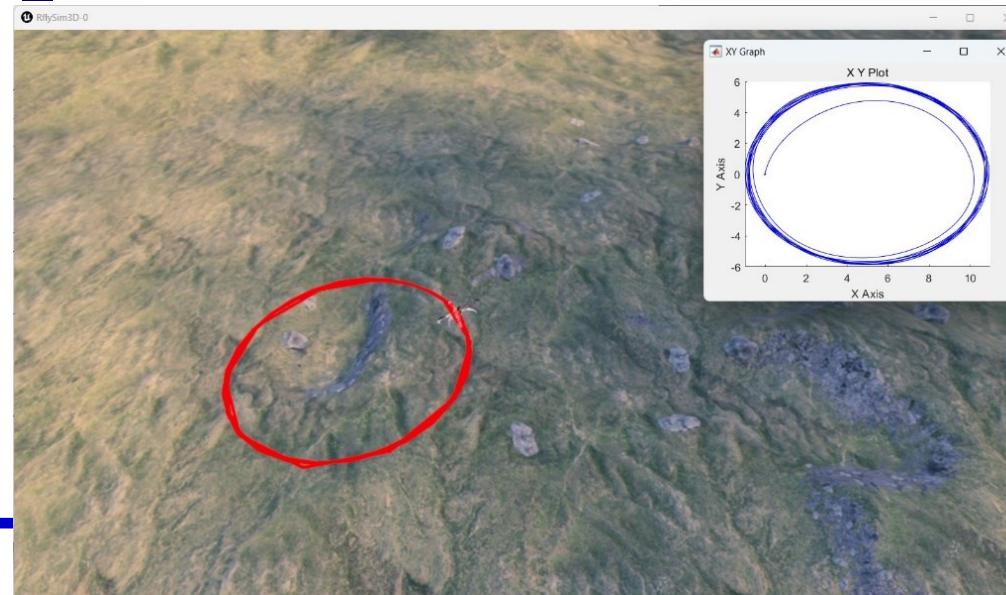




### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.8 Simulink集群控制接口

通过运行本例程文件夹中的bat脚本即可一键启动QGC、CopterSim及RflySim3D软件，运行Simulink之后，可看到无人机起飞并进入盘旋状态。具体实验操作见文件[1. BasicExps\e8\\_SwarmAPI\Readme.pdf](#)，文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e8\_SwarmAPI”，实验效果如下(部分)：





### 3. 软、硬基本使用实验

### 3.9 PX4固件编译

本实验通过Win10WSL完成对PX4固件的编译。具体实验操作见文件[1.BasicExps](#)

\e9\_Build-Firmware\Readme.pdf - , 文件夹见 “\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e9\_Build-Firmware”, 实验效果如下(部分):

```
-- Detecting CXX compile features - done
-- Check for working C compiler: /root/gcc-arm-none-eabi-7-2017-q4-major/bin/arm-none-eabi-gcc
-- Check for working C compiler: /root/gcc-arm-none-eabi-7-2017-q4-major/bin/arm-none-eabi-gcc -- works
-- Detecting C compiler ABI info
-- Detecting C compiler ABI info - done
-- Detecting C compile features
-- Detecting C compile features - done
-- Found PythonInterp: /usr/bin/python3 (found suitable version "3.6.9", minimum required is "3")
-- build type is MinSizeRel
-- PX4 ECL: Very lightweight Estimation & Control Library v1.9.0-rc1-591-gb3fed06
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have been written to: /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_fmu-v5_default/external/Build/px4io_firmware
[330/1374] Performing build step for 'px4io_firmware'
[1/247] git submodule platforms/nuttx/Nuttx/nuttx
[9/247] git submodule platforms/nuttx/Nuttx/apps
[245/247] Linking CXX executable px4_io-v2_default.elf
Memory region      Used Size Region Size %age Used
  flash:        60436 B    60 KB   98.37%
    sram:        3856 B     8 KB   47.07%
[247/247] Creating /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_fmu-v5...efault/external/Build/px4io_firmware/px4_io-v2_default.px4
[1372/1374] Linking CXX executable px4_fmu-v5_default.elf
Memory region      Used Size Region Size %age Used
  FLASH_ITCM:      0 GB    2016 KB   0.00%
  FLASH_AXIM:  1913417 B   2016 KB   92.69%
  ITCM_RAM:       0 GB     16 KB   0.00%
  DTCM_RAM:       0 GB    128 KB   0.00%
  SRAM1:        45748 B    368 KB  12.14%
  SRAM2:         0 GB     16 KB   0.00%
[1374/1374] Creating /mnt/c/PX4PSP/Firmware/build/px4_fmu-v5_default/px4_fmu-v5_default.px4
```



### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.10 飞控固件烧录实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验介绍了RflySim平台的两种不同固件烧录方式。文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e10\_Firmware-Upload”，具体实验操作见文件1.BasicExps\e10\_Firmware-Upload\Readme.pdf，实验效果如下(部分)：

```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd + v
Loaded firmware for board id: 1010,0 size: 1855977 bytes (94.40%), waiting for the bootloader...
Attempting reboot on COM6 with baudrate=57600...
If the board does not respond, unplug and re-plug the USB connector.

Found board id: 1010,0 bootloader version: 5 on COM6
sn: 003e00413430510534303536
chip: 20036450
family: b'STM32H7[4|5]x'
revision: b'V'
flash: 1966080 bytes
Windowed mode: False

Erase : [=====] 81.7%
```



### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.11 遥控器配置实验

本平台使用的遥控器推荐使用“美国手”的操纵方式，即左侧摇杆对应的油门与偏航控制量，而右侧摇杆对应滚转与俯仰。文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\ e11\_RC-Config”，具体实验操作见文件[1.BasicExps\ e11\\_RC-Config\Readme.pdf](#)，请结合本例程文件夹中的遥控器配置手册及其他资料对自己手中的遥控器进行配置。



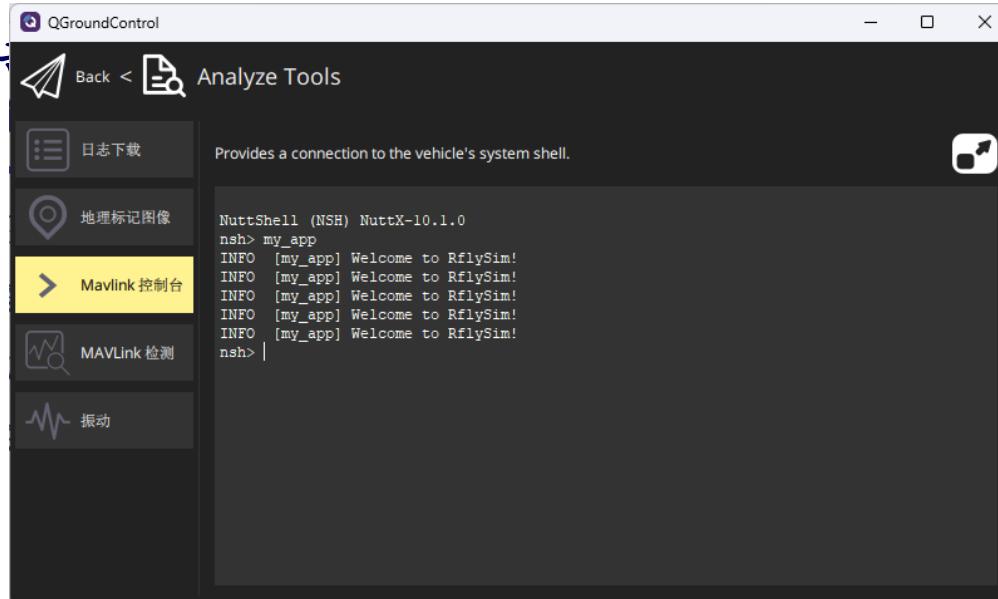
油门：控制上下运动，对应固定翼油门杆  
偏航：控制机头转向，对应固定翼方向舵  
俯仰：控制前后运动，对应固定翼升降舵  
滚转：控制左右运动，对应固定翼副翼



### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.12 飞控板载应用开发实验

本实验主要介绍如何创建并运行你的第一个板载应用程序，掌握 PX4 应用程序开发所需的所有基本概念和 API。文件夹见 “\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e12\_PX4-App”，具体实验操作见文件 [1.BasicExps\e12\\_PX4-App\Readme.pdf](#)，实验效果如下(





### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.13 四旋翼无人机配置实验

本实验介绍了飞思X450无人机平台的组成结构和简单配置等。文件夹见“\*\PX4 PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e13\_UAV-Config”，具体实验操作见文件1.BasicExps\e13\_UAV-Config\Readme.pdf，实验效果如下(部分)：



飞思X450飞行器	
尺寸	折叠尺寸: 760*760*220mm
对称电机轴距	455mm
机体重量(不含电池)	1134g
最大载重	1800g
机体材料	碳纤维、尼龙
通讯接口	WiFi
电池	6s-9000mAh, 0.934kg
定位系统下悬停精度	垂直: ±0.05m; 水平: ±0.05m
最大上升速度	2m/s
最大下降速度	2m/s
最大水平飞行速度	10m/s
最大起飞海拔高度	5000m
续航时间(空载)	38分钟
工作环境温度	-20° C至 50° C
基本配置	光流传感器、激光定高传感器、独立外磁
机载板卡	NX、nano
可选载荷配置	CSI相机、T265、D435iS1激光雷达
通讯板卡	rockpi、nx板卡、数传、nanopi、4G模块、RTK





### 3. 软、硬基本使用实验



## 3.14 CopterSim获取Log数据实验

扫码或点击二维码观看本  
实验视频教程

本实验利用CopterSim实现了仿真过程中得数据记录。主文件夹见“\*\PX4PSP\R

**flySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e14\_Log-Get”，具体实验操作见文件**[1.BasicE](#)

xps\c14\_Log-Get\Readme.pdf - , 实验效果如下(部分) :



### 3.软、硬基本使用实验



#### 3.15 RflySim3D三维场景加载实验

扫码或点击二维码观看本实验视频教程

本实验主要讲解了RflySim3D三维场景创建何加载流程。主文件夹见“\*\PX4PS P\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\e15\_Scene-Load”，具体实验操作见文件1. BasicExps\e15\_Scene-Load\Readme.pdf，实验效果如下(部分)：

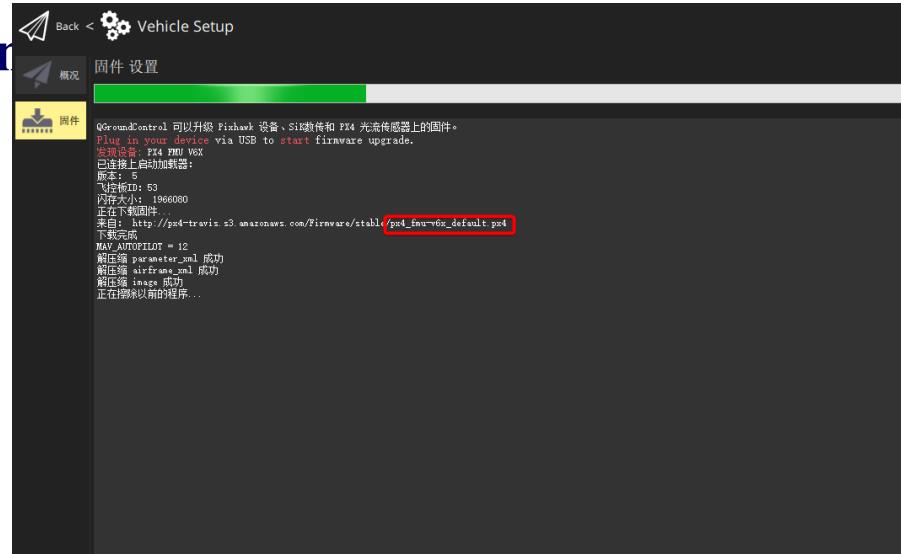




### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.16 Pixhawk硬件编译命令识别实验

本实验针对不同的飞控硬件，介绍一种通过QGroundControl来识别不同飞控硬件的编译命令。具体实验操作见文件[1.BasicExps\16\\_Identify-Hardware-Command\Readme.pdf](#)，文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\16\_Identify-Hardware-Command”。

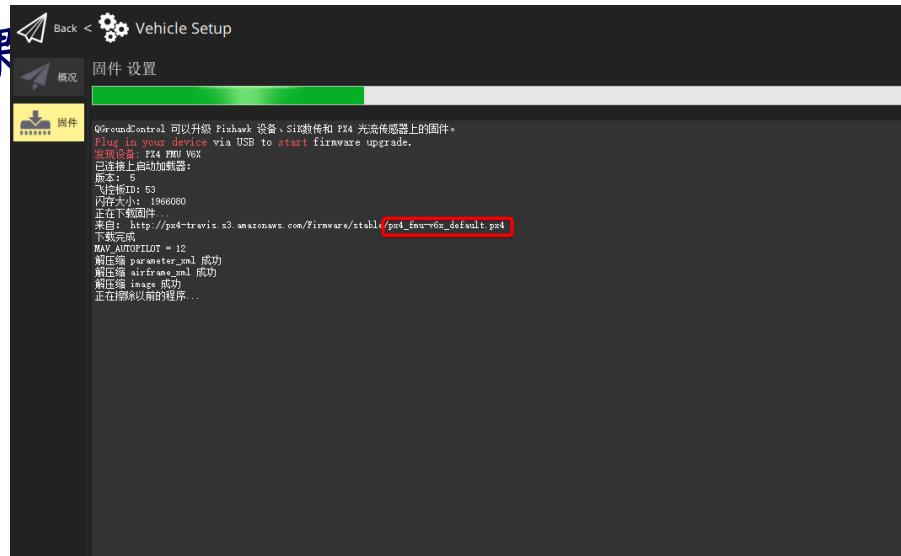




### 3.软、硬基本使用实验

#### 3.17 HIL航线绘制实验

本实验介绍了在QGroundControl中利用航线规划功能，绘制航线实现规定航线下的飞行的方法。具体实验操作见文件1.BasicExps\17\_RoutePlanning\Readme.pdf，文件夹见“\*\PX4PSP\RflySimAPIs\2.RflySimUsage\1.BasicExps\16\_Identify-Hardware-Command”，实验效果





# 大纲

1. 平台的简介与安装
2. 软、硬件简介和使用
3. 软、硬基本使用实验
4. 后续章节实验预览
5. 未来功能与展望
6. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



飞思实验室



RflySim教程



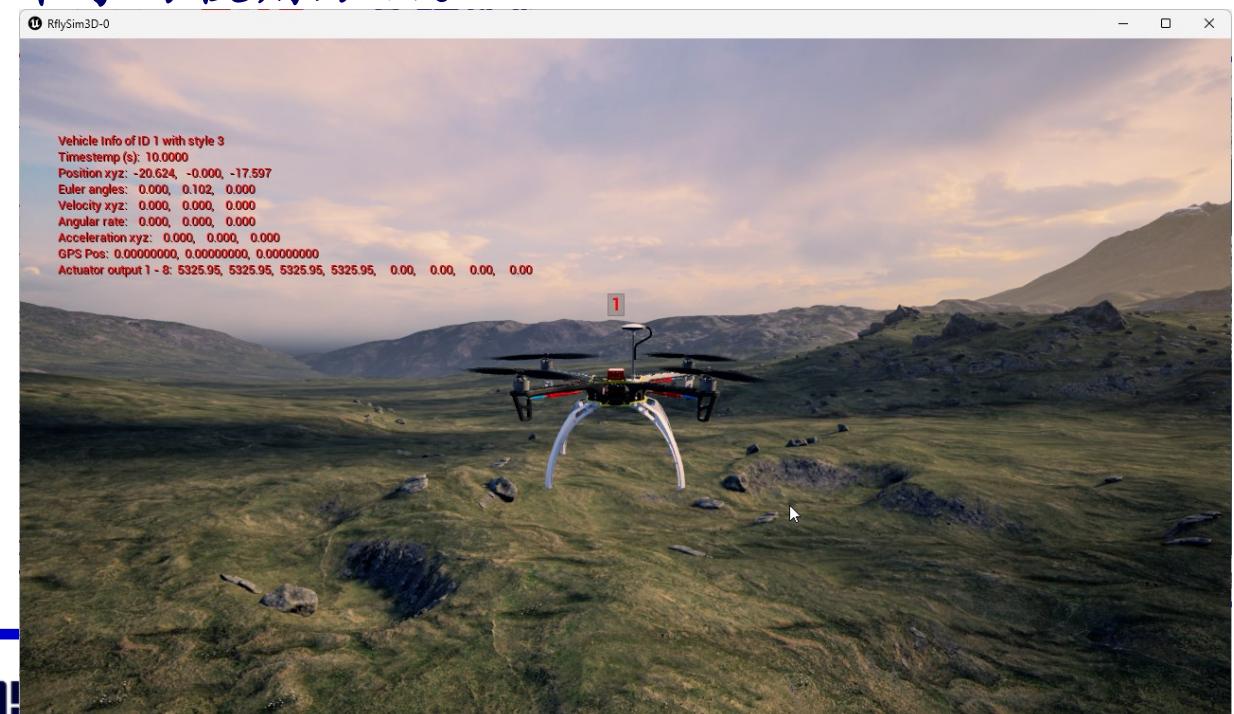
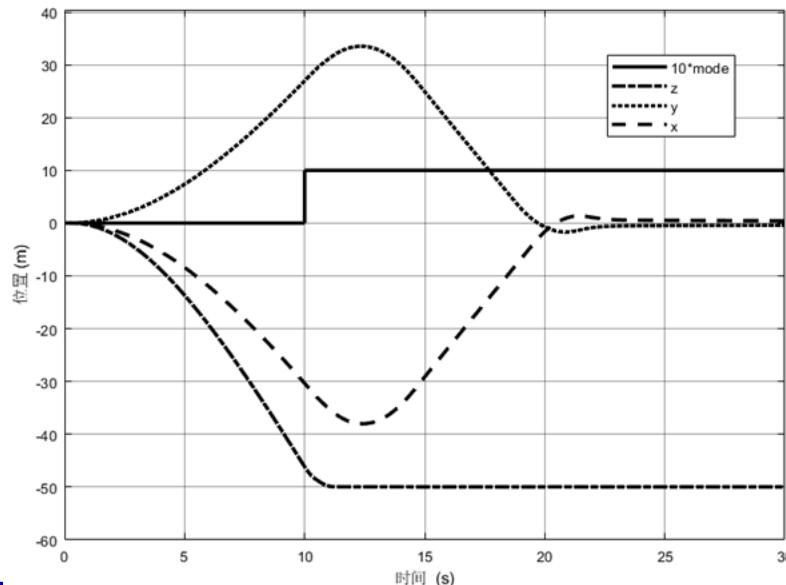
飞思实验室



## 4.后续章节实验预览

### 4.1 飞行控制算法开发课程

- “RflySimAPIs\FlightControlExpCourse”文件夹是通过Simulink控制算法开发、自动代码生成、硬件在环仿真、真机实验的一套飞控算法快速开发课程，也是《多旋翼飞行器设计与控制实践》一书的实验包，可以查看教程的“RflySim高级版\_第02讲\_飞行控制算法开发.pdf”来学习使用方法。

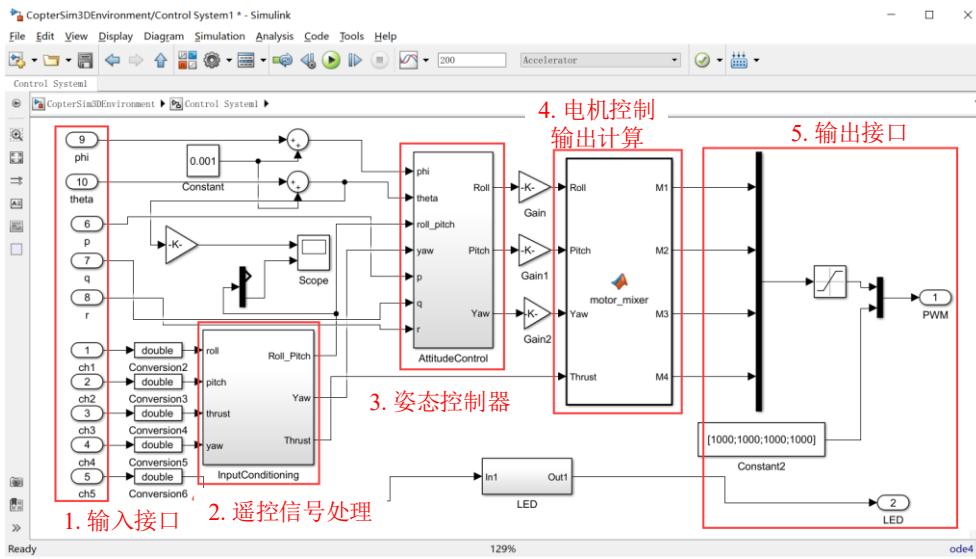




## 4.后续章节实验预览

### 4.1 飞行控制算法开发课程

- 飞行控制算法开发课程中的姿态控制设计实验，基于RflySim平台实现了从理论设计->模型搭建->模型调试与仿真->软件在环仿真->硬件在环仿真->实飞测试，全流程的底层飞行控制算法开发。具体可见：“\*\PSP\RflySimAPIs\Exp02\_FlightControl\e0-PlatformStudy\3.DesignExps”例程文件。

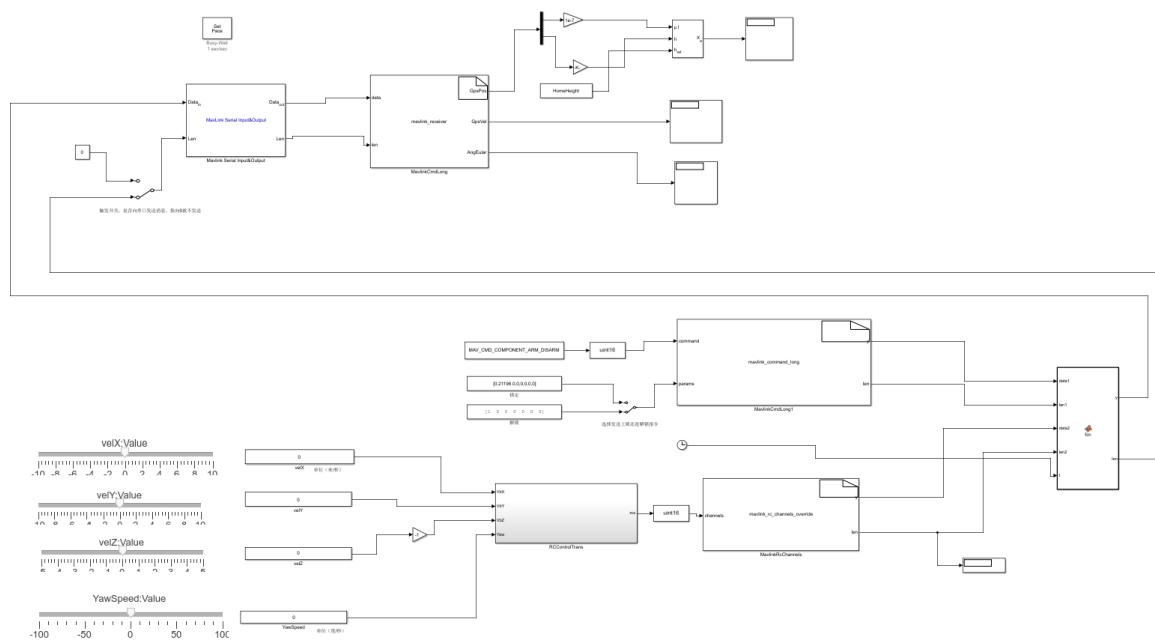




## 4.后续章节实验预览

### 4.2 外部单机控制接口（Offboard等）的使用

- “RflySimAPIs\SimulinkControlAPI” 文件夹是通过Simulink控制单机HIL仿真系统（CopterSim + Pixhawk）的接口程序，可以查看教程的“RflySim高级版\_第03讲\_单机控制接口实现.pdf”来学习使用方法。

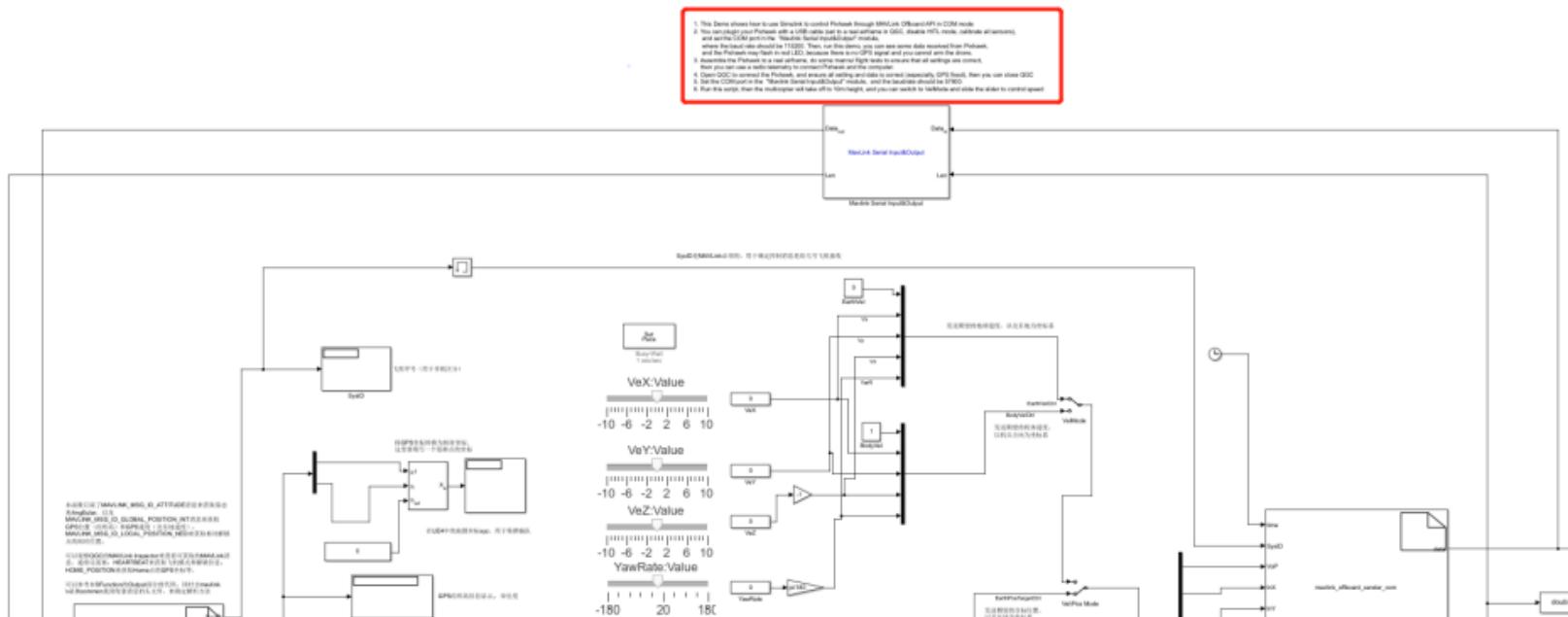




## 4.后续章节实验预览

### 4.2 外部单机控制接口（Offboard等）的使用

- 例如：本章我们使用Simulink通过MAVLink控制数传/UDP的Pixhawk真机，并实现了稳定的飞行效果。具体实验可参考例程文件夹“\*\PSP\RflySimAPIs\Simulin kControlAPI\MavlinkDemo”文件夹。





## 4.后续章节实验预览

### 4.3 扩展到其他机型（旋翼、固定翼、垂直起降、无人车等）

- “RflySimAPIs\OtherVehicleTypes”文件夹是介绍将自己的Simulink模型导入到CopterSim中以实现固定翼、无人车等其他机型的仿真。目前包含多旋翼、固定翼、无人车等通用模型例程，可以查看其中的“RflySim高级版\_第04讲\_其他机型的开发.pdf”来学习使用方法。



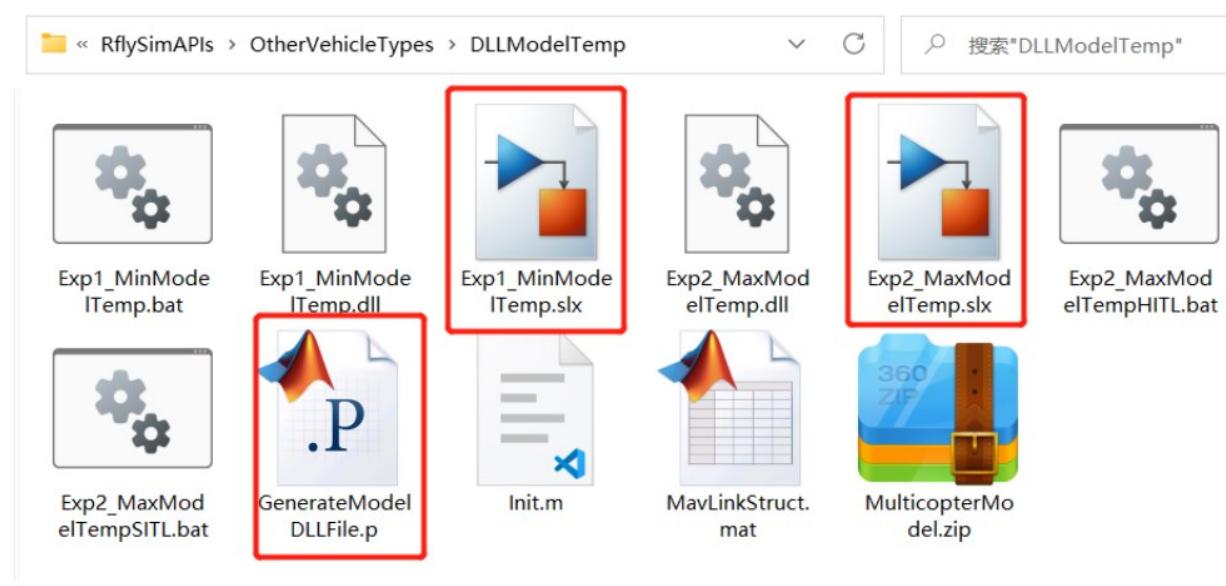


## 4.后续章节实验预览

### 4.3 扩展到其他机型（旋翼、固定翼、垂直起降、无人车等）

- 我们开发了统一建模模板应用于多旋翼无人机，针对不同模型建模的复杂程度分为了最小系统的模版和最大系统的模版，并支持将slx模型转化为DLL模型文件的脚本。

具体例程文件见：\*\PSP\RflySimAPIs\OtherVehicleTypes\DLLModelTemp

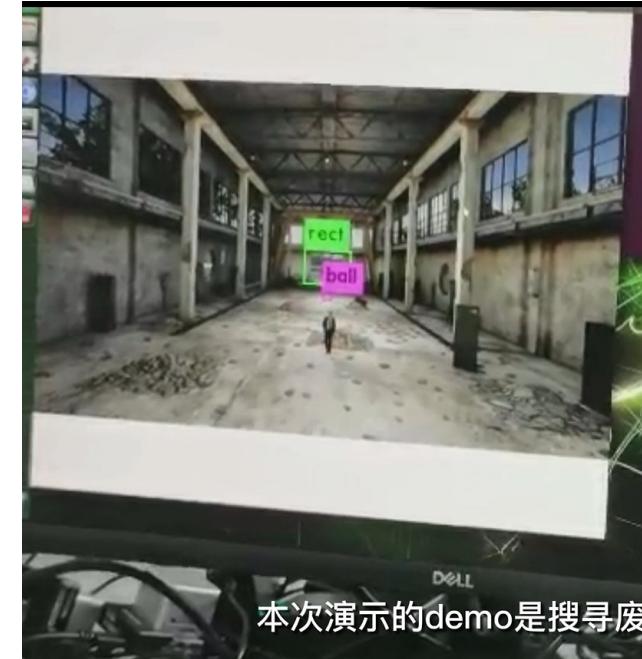
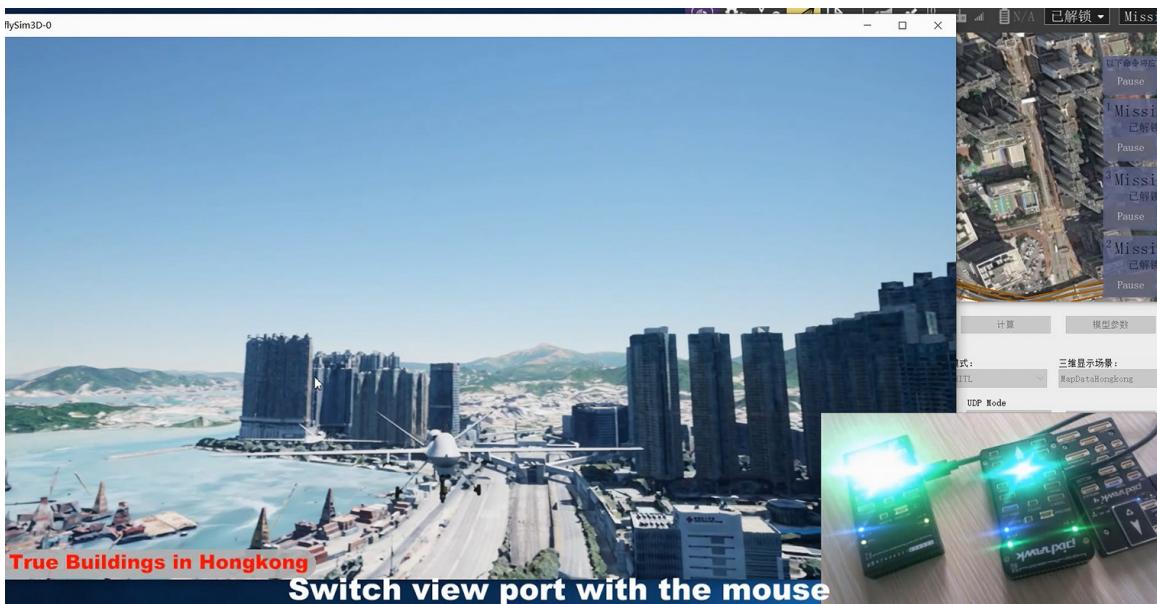




## 4.后续章节实验预览

### 4.4 基于UE的三维场景和模型开发

- “RflySimAPIs\UE4MapSceneAPI”文件夹是自行设计并导入UE4高逼真场景和飞机三维模型的文档与例程，可以查看教程“RflySim高级版\_第05讲\_UE4三维场景开发.pdf”来学习使用方法。

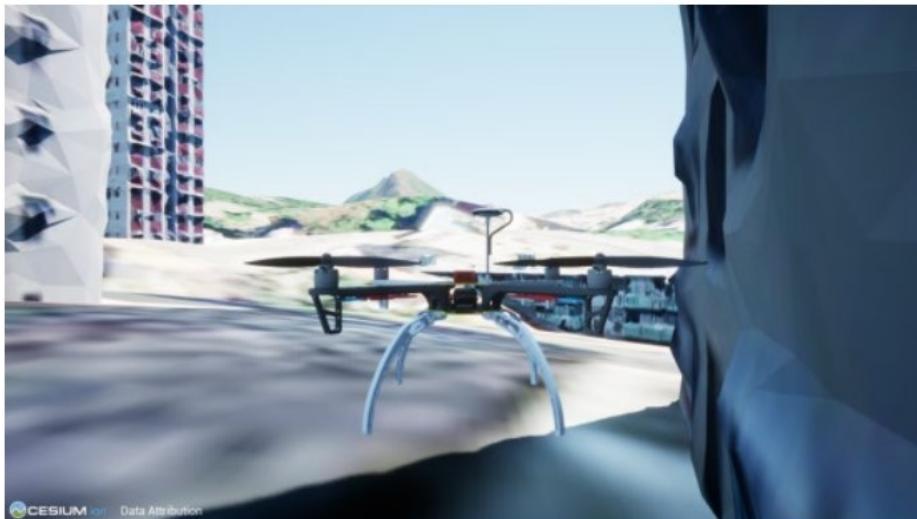




## 4.后续章节实验预览

### 4.4 基于UE的三维场景和模型开发

- RflySim3D是基于UE进行开发的软件，支持在将UE中搭建的三维场景与飞机模型快速导入RflySim3D中，同时，还支持基于Cesium的全球大场景构建，可将倾斜摄影地图进行转换并直接RflySim3D中进行三维场景的仿真。具体例程见文件夹：\*\PSP\RflySimAPIs\UE426Demos\UE4MapSceneAPI\HongKongMap。

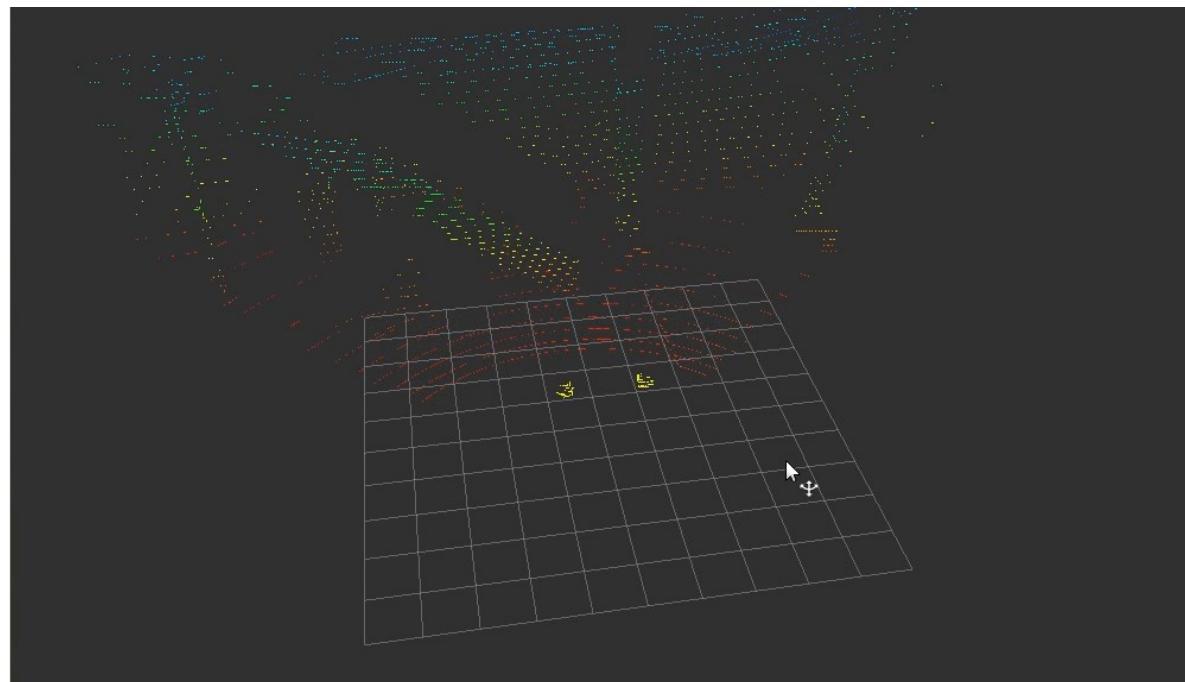
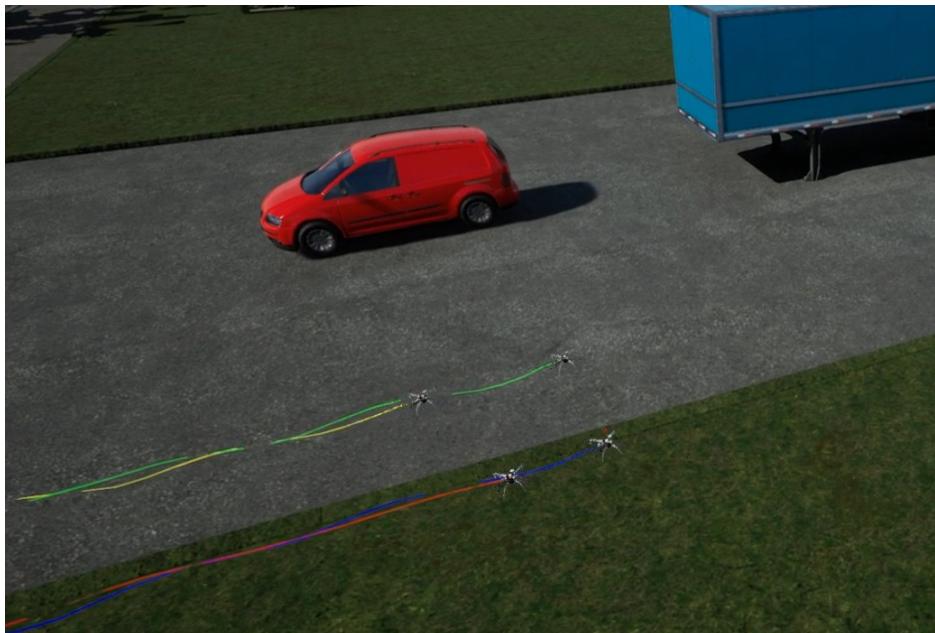




## 4.后续章节实验预览

### 4.5 无人系统视觉控制接口开发

- “RflySimAPIs\PythonVisionAPI” 文件夹是通过Python实现视觉闭环控制的接口例程文档，可以查看教程“RflySim高级版\_第06讲\_视觉控制算法开发.pdf”来学习使用方法。

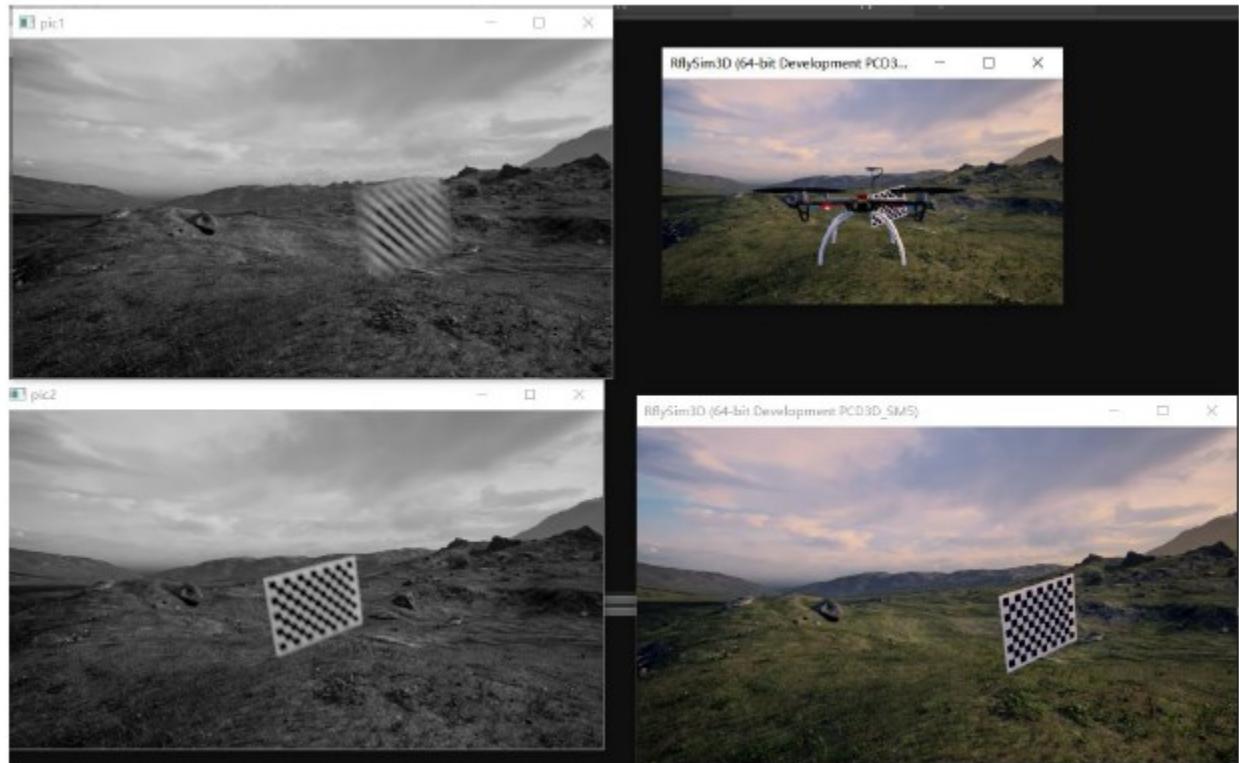




## 4.后续章节实验预览

### 4.5 无人系统视觉控制接口开发

- 基于RflySim平台可开启多个RflySim3D场景，进行双目相机标定实验，通过配置双目相机的位置信息和靶标的随机摆放信息，快速构建双目相机的视觉标定实验，具体例程见文件夹：\*\PSP\RflySimAPIs\PythonVisionAPI\3-VisionAIDemos\1-BinocularCameraCalib。

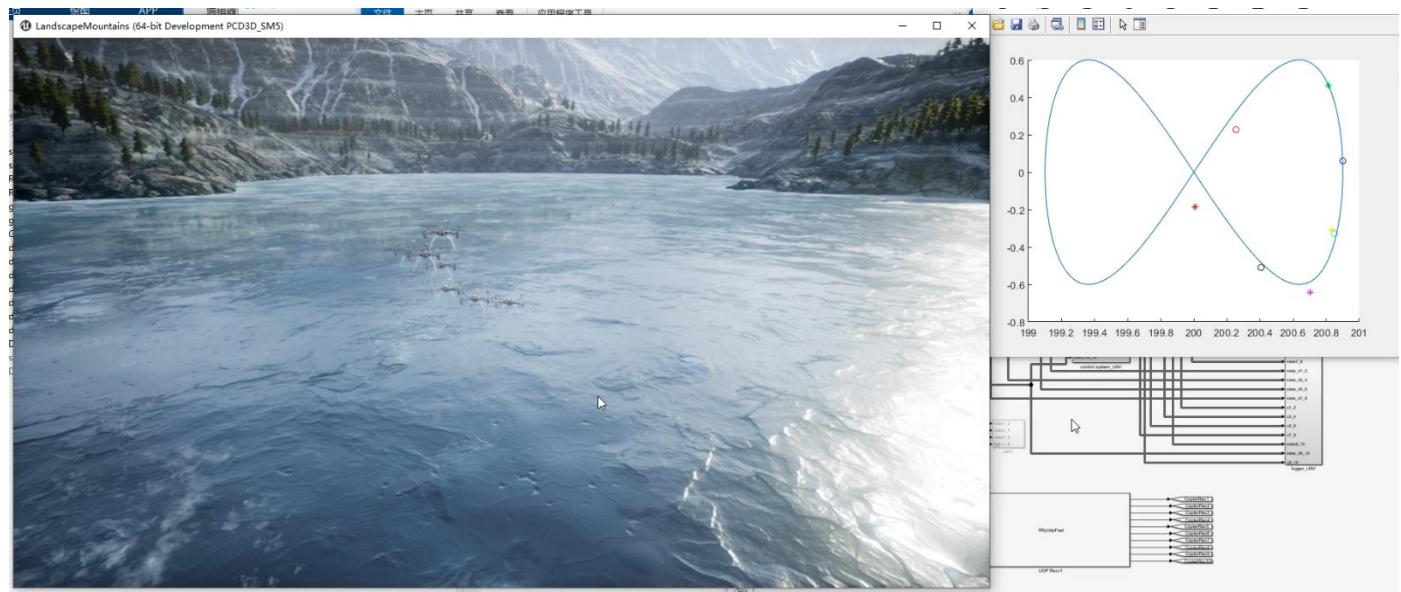
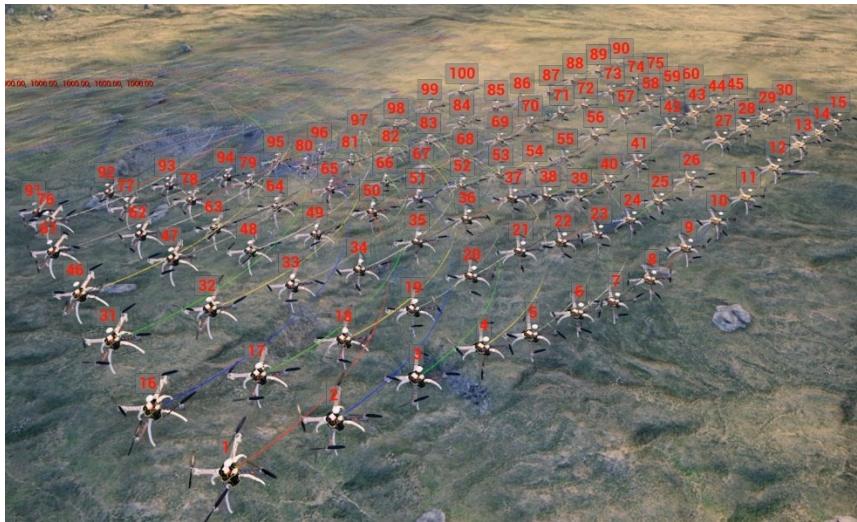




## 4.后续章节实验预览

### 4.6 无人系统集群控制接口开发

- “RflySimAPIs\SimulinkSwarmAPI” 文件夹是Simulink控制多机集群的接口例程，可以查看教程“RflySim高级版\_第07讲\_集群控制算法开发.pdf”来学习使用方法。





## 4.后续章节实验预览

### 4.6 无人系统集群控制接口开发

- 如：无人机集群分布式仿真例程展示了用多台电脑在局域网内联机，组成大的飞机集群，并实现Python的集群控制。同路由下两台电脑共16飞机，每台电脑8个飞机，为了减小局域网通信量使用UDP\_Simple模式。具体例程见文件夹：  
\*\PSP\RflySimAPIs\PythonSwarmAPI\PythonSwarm\UDPSimple16Swarm2PC。

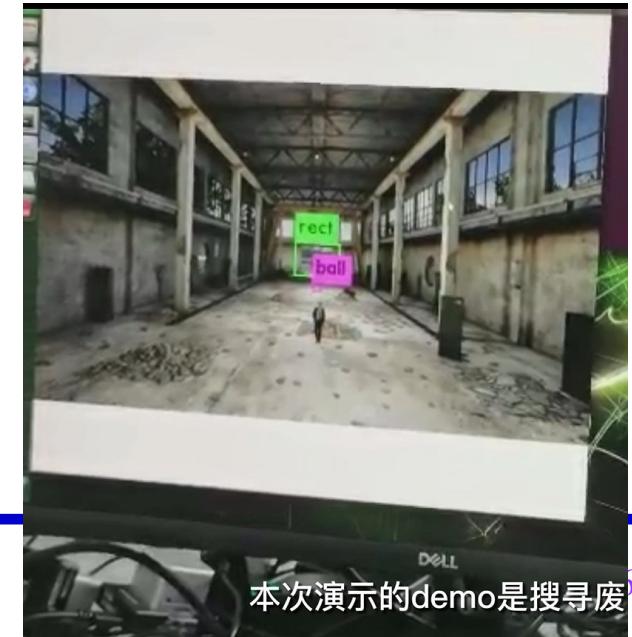
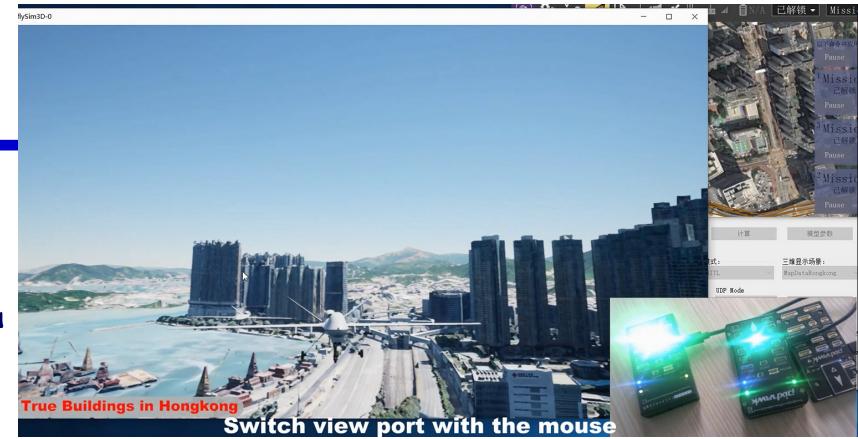




## 4.后续章节实验预览

### 4.7 高级版视频展示

- 视频1：多固定翼跑道自动起飞与航路硬件在环仿真测试
- <https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=16>
- 视频2：全球指定场景的硬件在环仿真（长沙为例）
- <https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=17>
- 视频3：数字孪生&虚拟现实，香港城市地图导入与单机硬件在环测试
- <https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=18>
- 视频4：香港城市地图楼间穿越集群飞行测试
- <https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=19>
- 视频5：带视觉的多机集群硬件在环仿真测试系统
- <https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=20>



本次演示的demo是搜寻废



# 大纲

1. 平台的简介与安装
2. 软、硬件简介和使用
3. 软、硬基本使用实验
4. 后续章节实验预览
5. 未来功能与展望
6. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



飞思实验室



RflySim教程

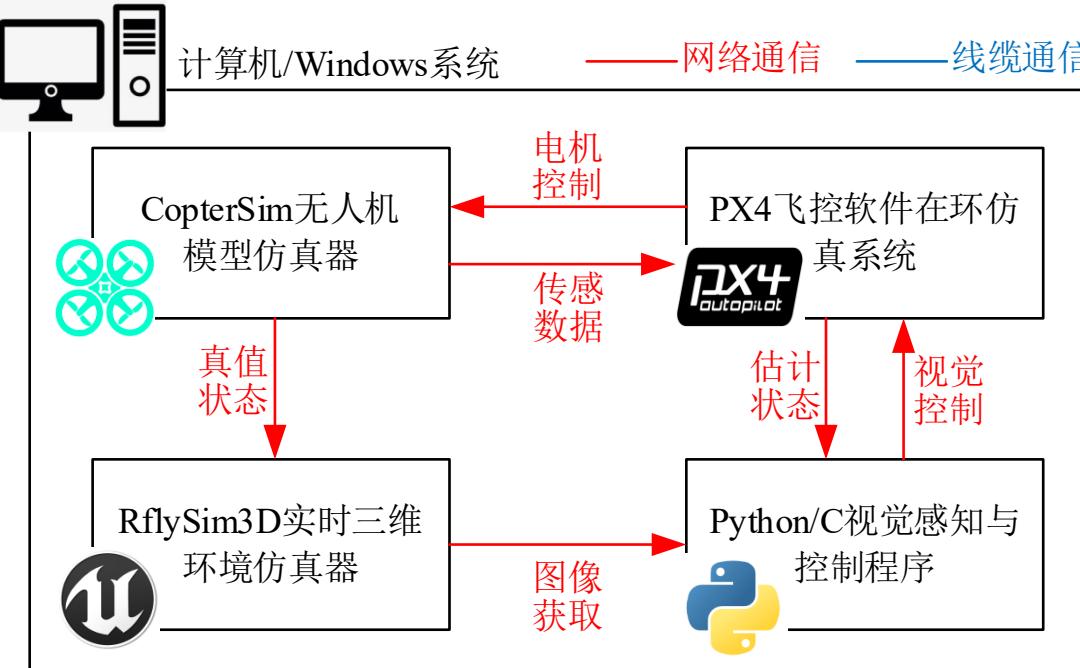


飞思实验室

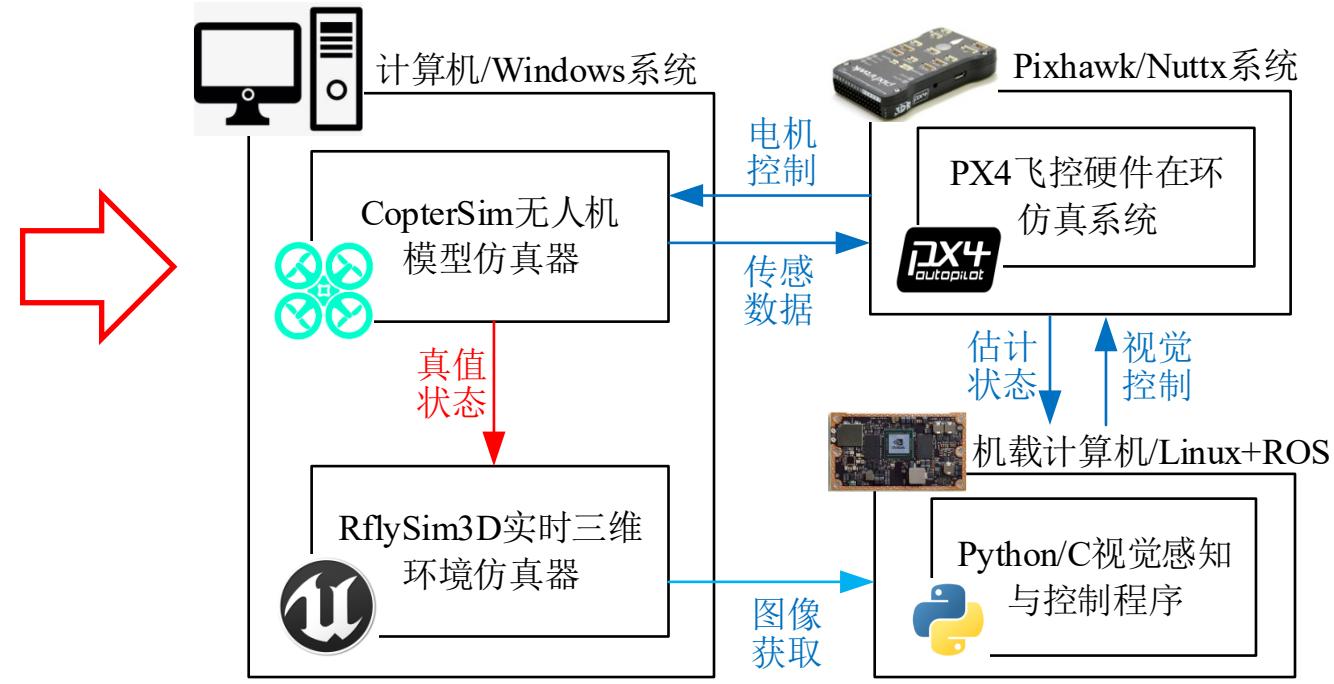


## 5.未来功能与展望

### 5.1 兼容ROS的顶层视觉/决策算法开发



(a) 单电脑Windows下纯软件在环开发模式



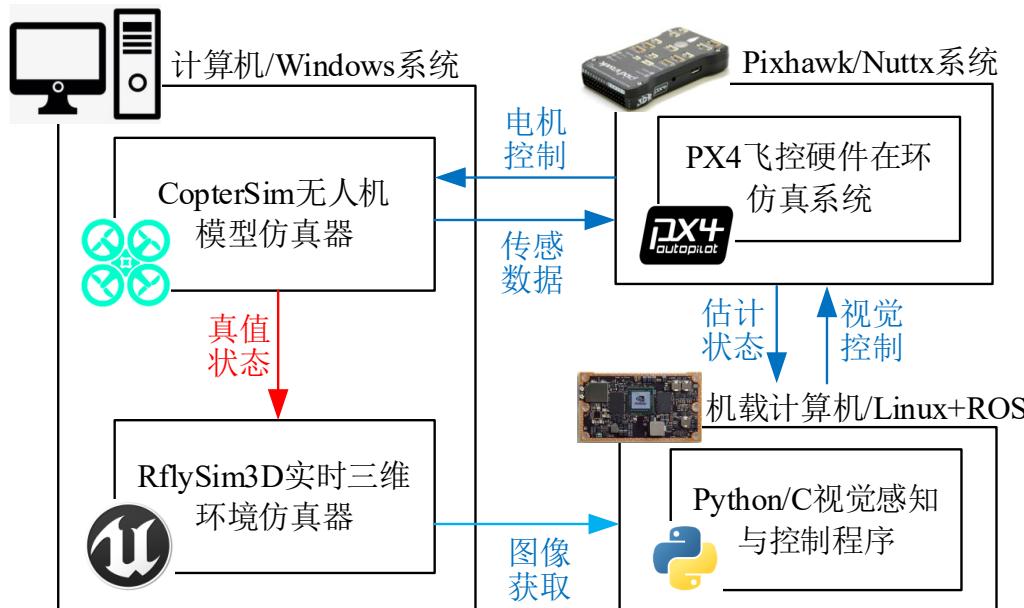
(b) “自驾仪+通信链路+机载计算机”硬件在环仿真

- 单电脑下开发&测试单一视觉功能，成本低、效率高；Windows下开发，易用强、门槛低；
- 多硬件下测试整个视觉&决策整体，更逼真、高可信；Linux/ROS下开发，本符合实际开发。

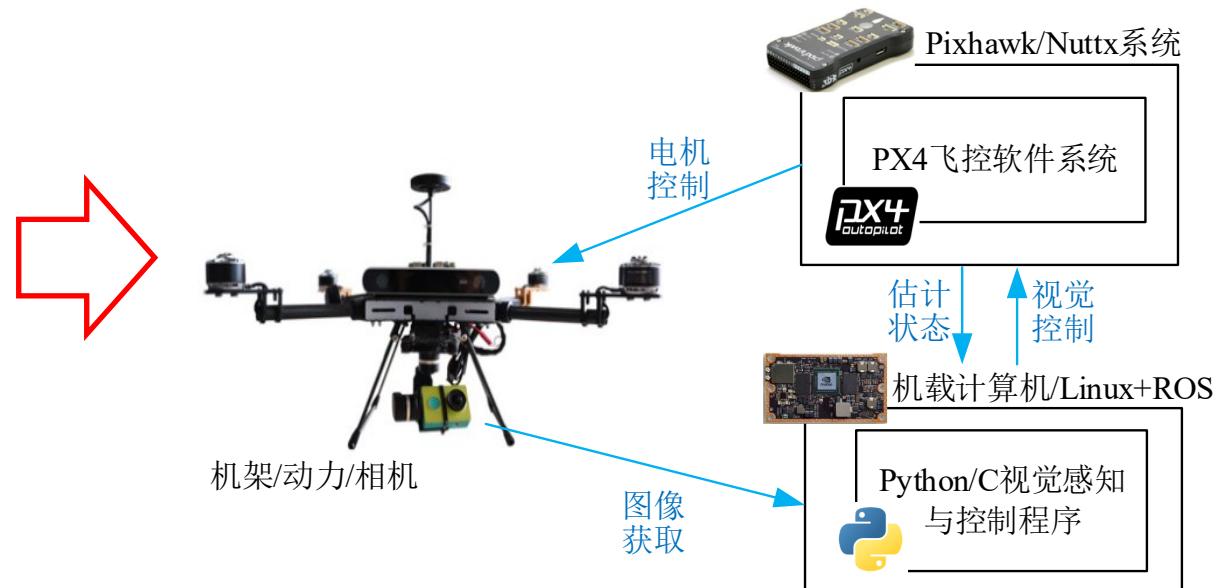


## 5.未来功能与展望

### 5.2 可靠视觉算法真机迁移流程



(b) “自驾仪+通信链路+机载计算机”硬件在环仿真



(c) “机架+自驾仪+通信链路+机载计算机”真机实验

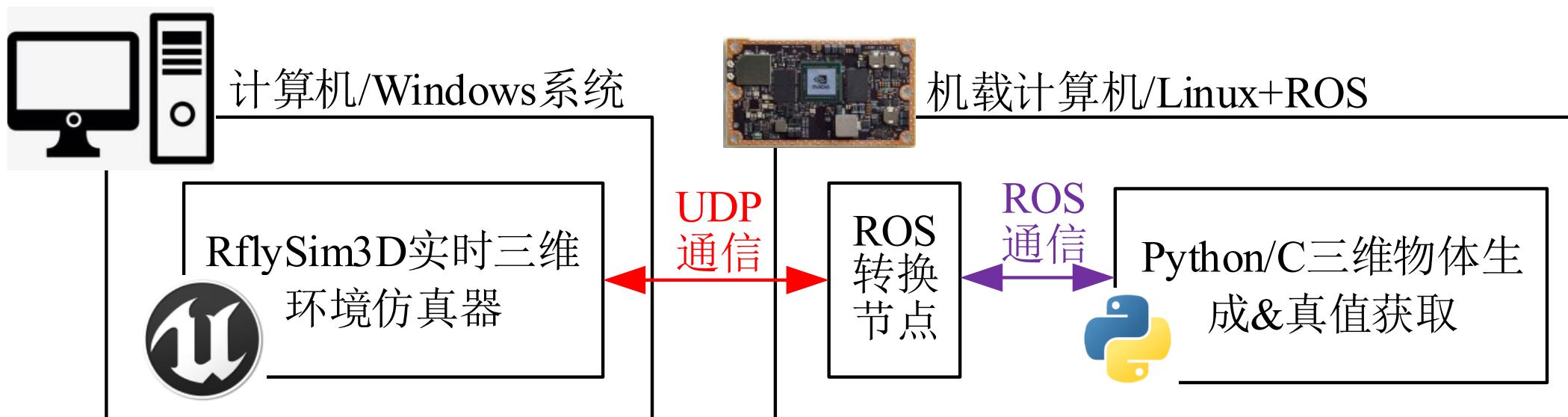
- 直接将Pixhawk/PX4飞控的PWM输出口插在机架动力系统上，图像获取接口连接相机，即可完成真机迁移。优点：无缝衔接，不需要任何额外修改，高逼真的三维场景



## 5.未来功能与展望

### 5.3 环境场景/障碍物的动态生成与配置

- 支持通过UDP/ROS动态改变场景地图、改变飞机三维样式、动态创建障碍物（其他飞机、跟踪靶标、人物、标定板、桌椅等）、动态改变飞机视角（位置、方向、焦距等）、改变三维引擎输出图像分辨率等。

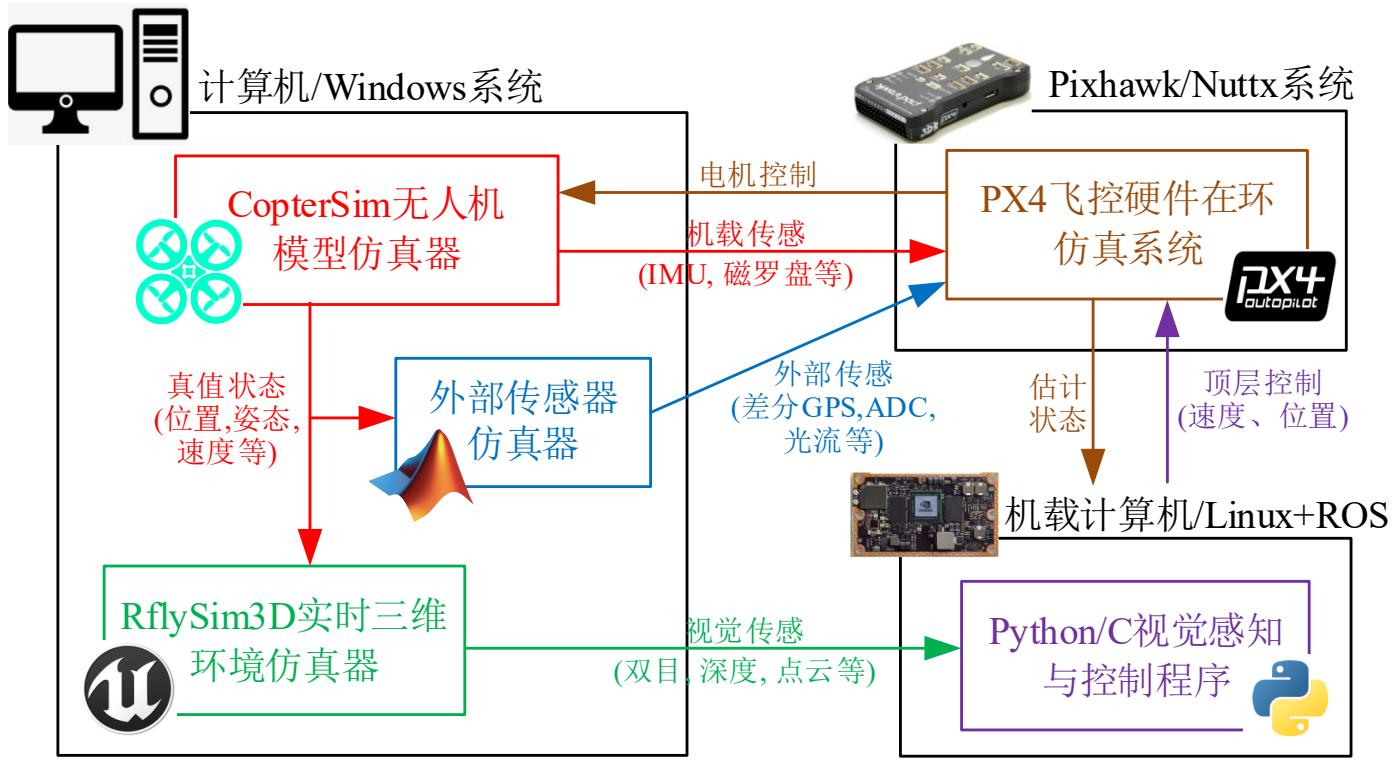




## 5.未来功能与展望

### 5.4 外部传感器支持

- 传感器数据分为两类：直连飞控的外部传感器（磁罗盘、差分GPS、光流测速等），另一类是直连机载计算机的视觉传感器（双目、Lidar、深度相机等）
- 飞控传感器通过Simulink等程序直接生成传入Pixhawk飞控
- 视觉传感器通过RflySim3D三维环境引擎生成，随图像传入机载计算机



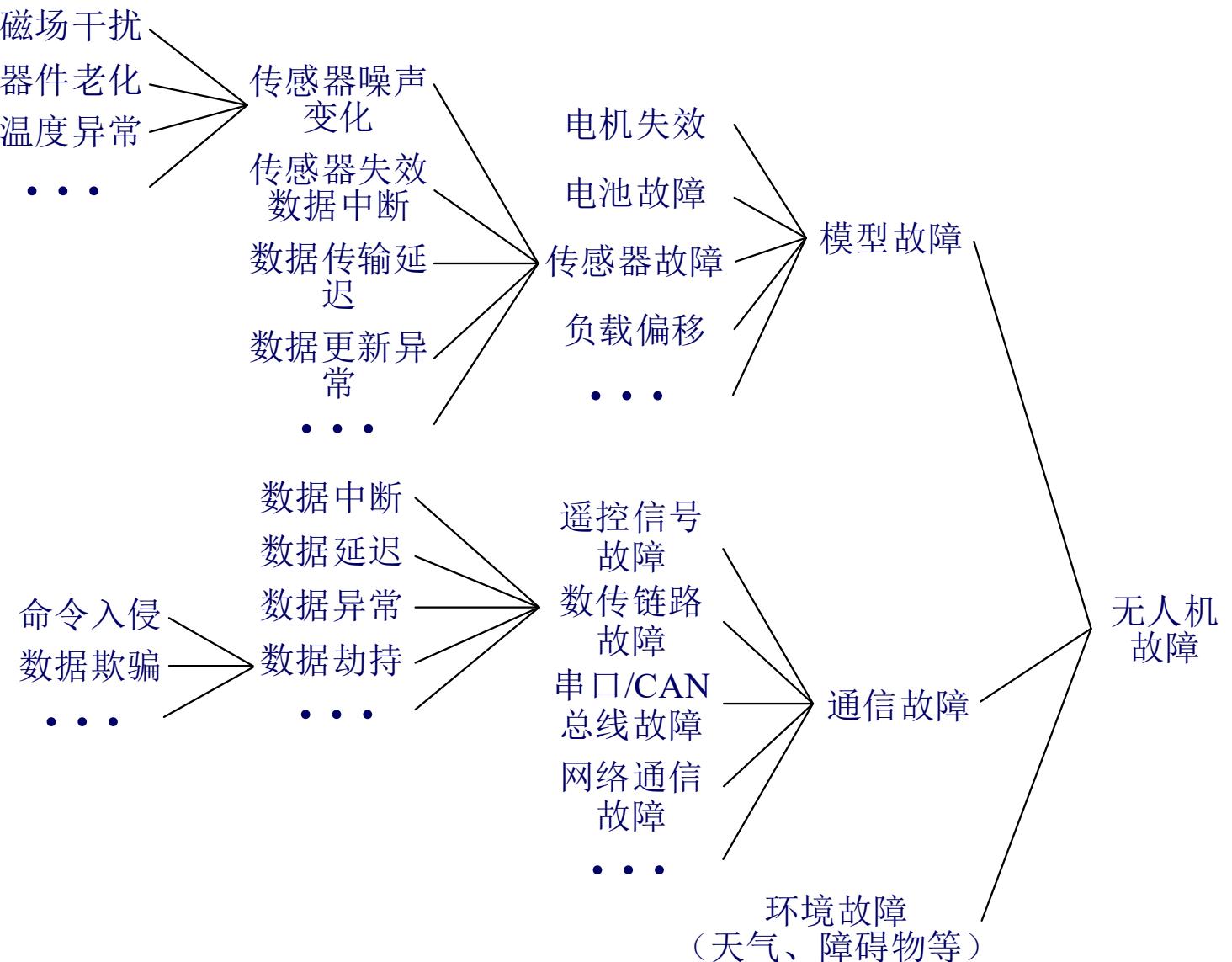
注：我们的  
RflySim3D三维环境  
引擎和Airsim一样都  
是基于Unreal  
Engine 4开发的，因  
此可以支持所有  
Airsim已有的传感器



## 5.未来功能与展望

### 5.5 故障建模与注入

- 除了基础功能的测试，无人机的故障情况下的安全/可靠性测试也至关重要。
- 本系统将故障总结为三类：
- 模型故障（与飞机数学模型有关）
- 通信故障（与数据交互传输有关）
- 环境故障（与三维场景有关）



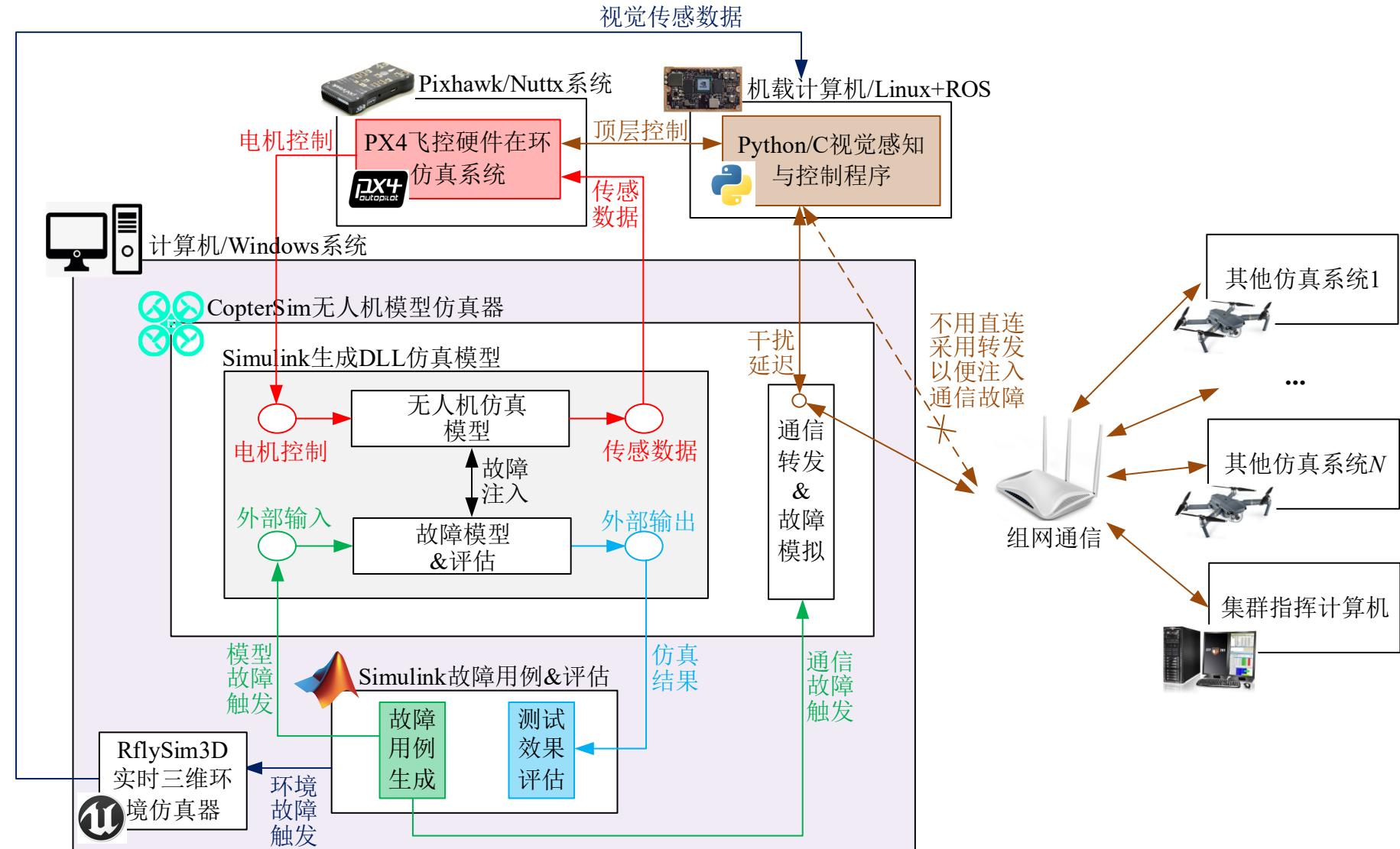


## 5.未来功能与展望

### 5.5 故障建模与注入

#### 故障模拟&评估

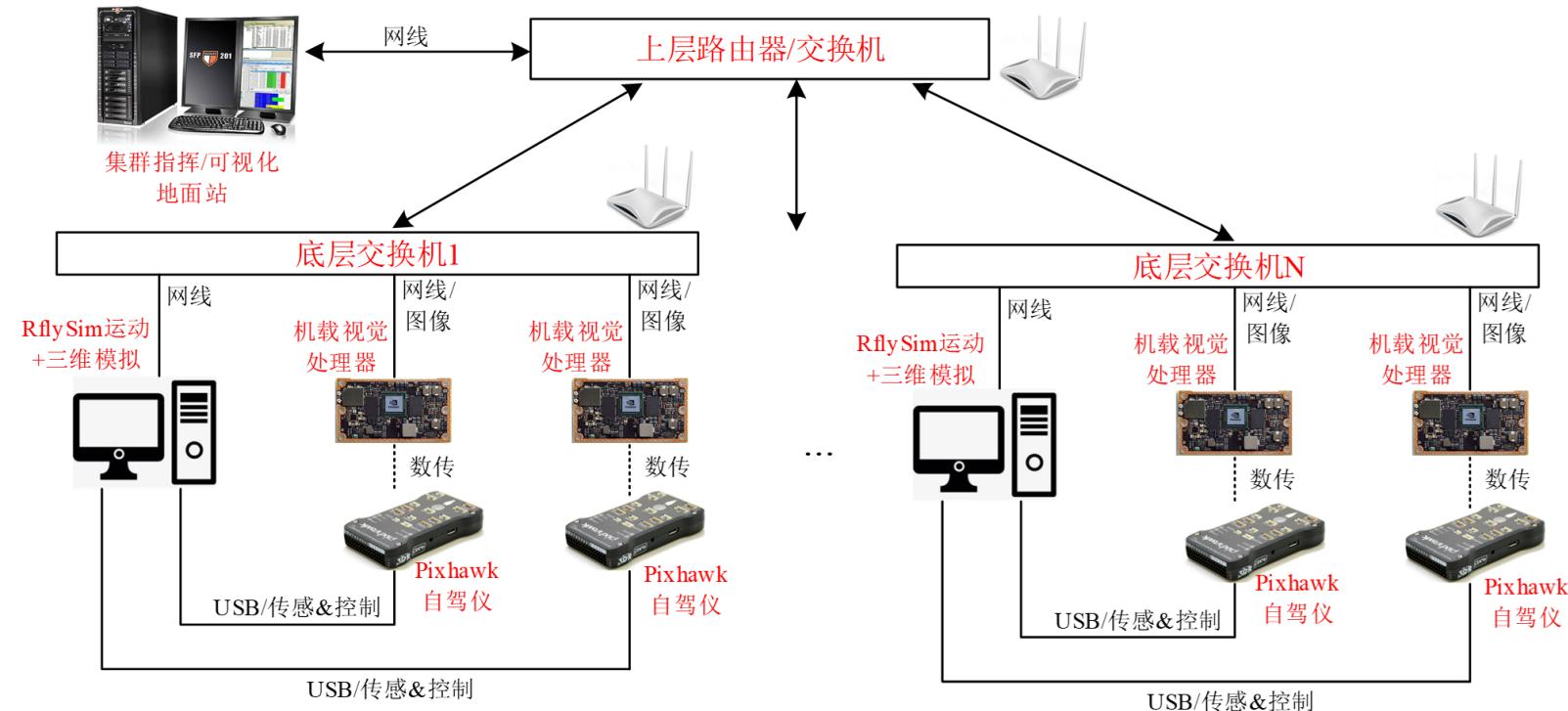
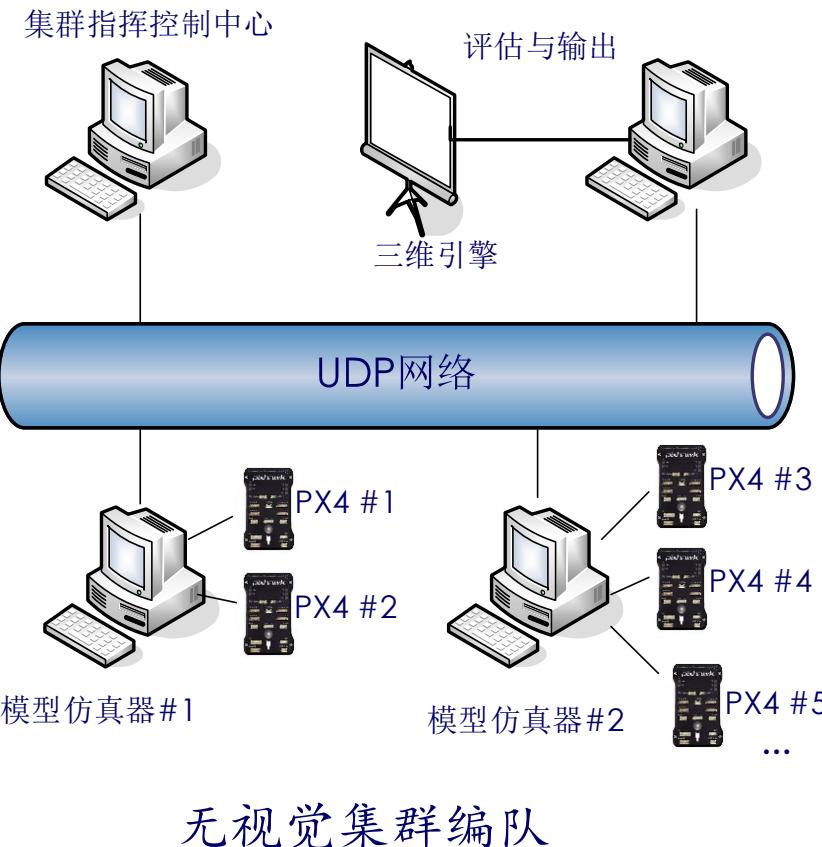
- **模型故障:** 提供 Simulink 模型和外部触发接口, 可自行加入任意故障。
- **通信故障:** 所有通信链路经过统一接口转发, 可模拟延迟、丢包等。
- **环境故障:** 障碍物等在三维引擎中生成。





## 5.未来功能与展望

### 5.6 分布式仿真框架



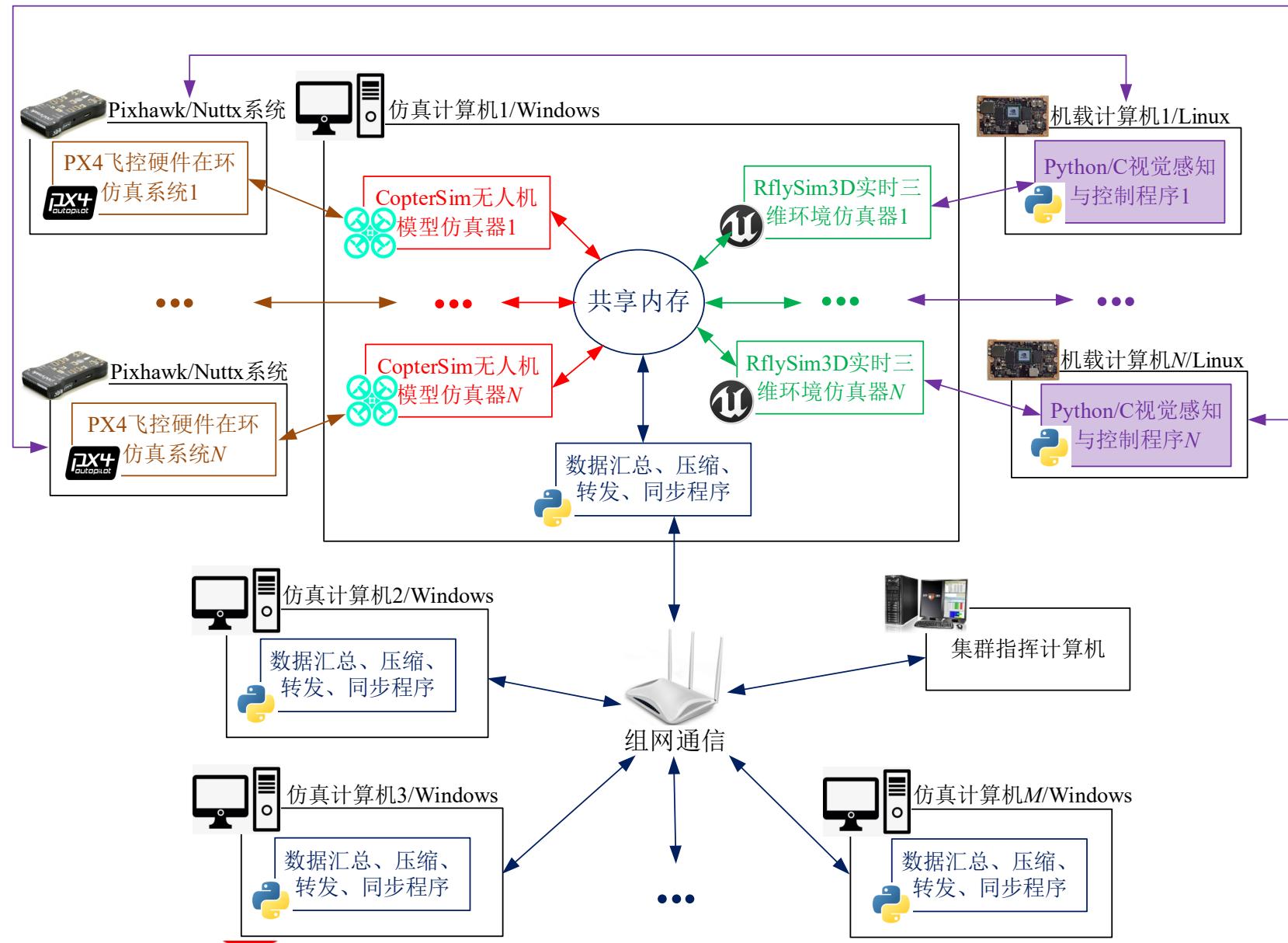


## 5.未来功能与展望

### 5.7 分布式通信优化

- 本电脑内部各个程序间的通信采用共享内存方式，直接在内存上操作，延迟最低、速度最快。
- 每台电脑可以开启多个硬/软件在环仿真系统，模拟多个无人机。
- 每台电脑向外收发数据经过汇总、压缩等，确保网内通信顺畅。
- 采用请求式通信（DDS协议），支持千架级别仿真。

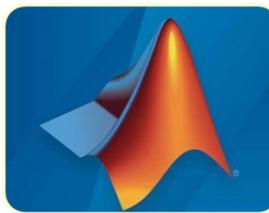
2023/12/26





## 5.未来功能与展望

### 5.8 FPGA实时仿真系统，脱离PX4限制，支持其他飞控硬件



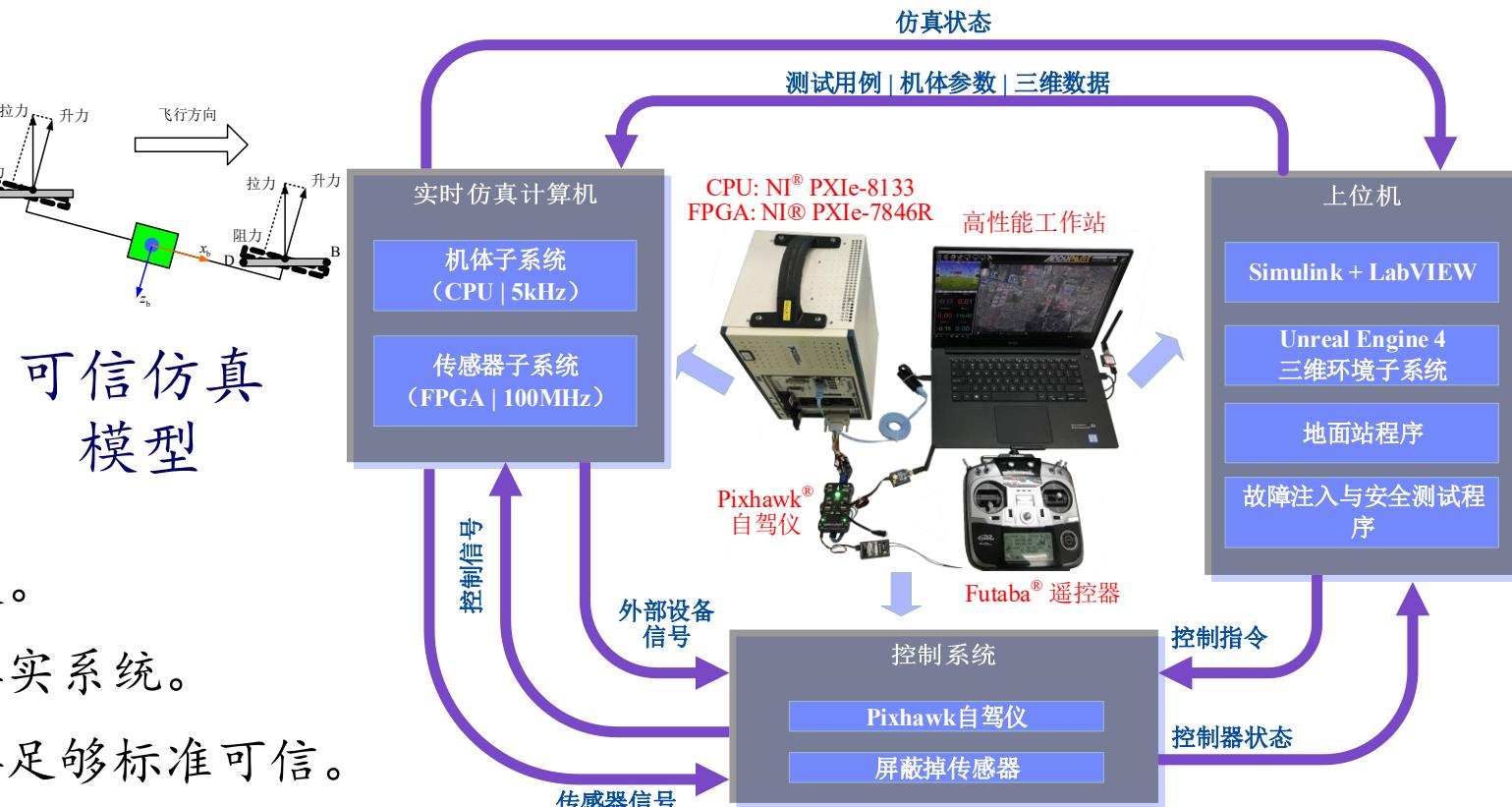
可信硬件平台

可信软件平台

可信仿真  
模型

仿真可信度保证：

1. 仿真平台本身需要具备足够的可信度。
  - 硬件层面：硬件结构需要尽量接近真实系统。
  - 软件层面：仿真的开发流程需要足够标准可信。
2. 数学仿真模型需要足够精确、可信。





# 大纲

1. 平台的简介与安装
2. 软、硬件简介和使用
3. 软、硬基本使用实验
4. 后续章节实验预览
5. 未来功能与展望
6. 总结

本课程所需教具购买（已配置好，到手即用，可跳过本PPT硬件配置部分），可以访问如下淘宝店链接，或淘宝App扫描右侧二维码 <https://shop212206553.taobao.com/>



SX200 飞思



基础版飞控套装



高级版飞控套装



飞思实验室



RflySim 教程



飞思实验室



## 6. 总结

---

- RflySim平台介绍和一键安装，并对平台的软、硬件的配置和使用进行介绍。
- 平台配置实验旨在通过实验的方式，帮助学员快速入门RflySim配置和使用。
- 对后续章节的主要内容进行了概括性的预览，帮助学员全面认识本平台包含的所有例程和教学资料。

如有疑问，扫描下方二维码或<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！