
RflySim 平台入门使用文档

| | |
|----------------------------------|----|
| 1. RflySim 平台背景 | 1 |
| 2. RflySim 是什么? | 2 |
| 3. RflySim 平台版本划分 | 3 |
| 4. RflySim 平台安装 | 4 |
| 4.1. 检查电脑配置 | 4 |
| 4.2. 软件获取及安装 | 4 |
| 4.3. 启用 WSL 子系统功能 | 5 |
| 4.4. 一键安装脚本(无 MATLAB 安装) | 6 |
| 4.5. 一键安装脚本(正常安装) | 7 |
| 4.6. 安装成功验证 | 10 |
| 4.7. 平台软件卸载方法 | 12 |
| 4.8. 平台安装故障排除 | 12 |
| 5. RflySim 平台特点 | 14 |
| 5.1. 统一性 | 14 |
| 5.2. 无人机物理特性仿真还原度高 | 14 |
| 5.3. 易用性 | 15 |
| 5.4. 完全分布式构架 | 15 |
| 5.5. 支持多种机型仿真 | 15 |
| 5.6. 支持大规模无人机集群 SIL/HIL 仿真 | 16 |
| 5.7. 提供高逼真的 3D 视景 | 17 |
| 5.8. 支持基于视觉的控制 | 17 |
| 5.9. 支持多种故障注入 | 18 |
| 6. RflySim 平台学习资料 | 18 |
| 6.1. 总览 | 18 |
| 6.2. 各章节资料检索 | 1 |

各章节资料检索

| 序号 | 章节名称 | 简介 | 配套课件 | API 文件 | 例程汇总 |
|----|-----------------|--|---------------------|---------------------|------------------------|
| 1 | 第 1 讲-绪论 | RflySim 平台简介、版本区别、安装及各功能特点。 | PPT | API | Readme |
| 2 | 第 2 讲-实验平台配置 | RflySim 平台配置流程、核心组件的使用方法及实验流程等。 | PPT | API | Readme |
| 3 | 第 3 讲-三维场景建模与仿真 | RflySim3D 软件的构架和功能、无人系统三维建模与场景开发软件的使用等。 | PPT | API | Readme |
| 4 | 第 4 讲-载具运动建模与仿真 | 无人系统载具的控制模型搭建、RflySim 平台模型开发流程等。 | PPT | API | Readme |
| 5 | 第 5 讲-位姿控制与滤波估计 | 本章包含大量无人系统底层开发例程，提供代码生成与下载功能，可以将设计的 Simulink 控制算法一键生成 PX4 固件，并烧录自驾仪中。实现 Sim2Real 的基础性实验流程。 | PPT | API | Readme |
| 6 | 第 6 讲-外部控制与轨迹规划 | 本章通过外部控制接口对智能体发送命令，去实现更上层的轨迹规划等控制功能。 | PPT | API | Readme |
| 7 | 第 7 讲-安全测试与健康评估 | 本章针对无人系统开发中的软件单元和集成验证、嵌入式软件和硬件验证、软硬件集成验证到整机集成与测试验证的过程。实现对上述所有的开发阶段进行故障注入与安全测试。 | PPT | API | Readme |
| 8 | 第 8 讲-视觉感知与避障决策 | 本章讲述视觉传感器与相关理论，如：载体与各传感器坐标系，视觉控制的常见传感器等；介绍 Linux、ROS、MAVROS 等相关视觉开发的环境配置方式和 RflySim 平台的视觉接口。 | PPT | API | Readme |
| 9 | 第 9 讲-通信协议与集群组网 | 无人系统组网的方式与现状、RflySim 平台中的集群通信的系统架构以及无人系统组网的仿真例程。 | PPT | API | Readme |

| | | | | | |
|----|------------------|---|---------------------|---------------------|------------------------|
| 10 | 第 10 讲-集群控制与博弈对抗 | 围绕多智能体的无人系统集群控制开发，介绍了集群编队、任务规划、博弈等技术，重点讲述 RflySim 平台无人机集群系统的分布式控制框架和基于 MATLAB/Python 的集群控制接口，提供基于蚂蚁算法的多无人机任务规划、多无人机的编队、曲线管道控制、大规模无人机集群控制等案例，帮助读者理解集群控制的原理和实现方式。 | PPT | API | Readme |
|----|------------------|---|---------------------|---------------------|------------------------|

RflySim 平台各软件简介

| 序号 | 子软件名称 | 简介 | 说明文件 |
|----|-----------|---|------------------------|
| 1 | 3DDisplay | 3DDisplay 主界面窗口左侧以 3D 图形的方式展示多旋翼当前的飞行状态；3DDisplay 主界面右上角窗口展示了基本的飞行数据，包括电机转速，位置信息，姿态信息等；3DDisplay 主界面右下角窗口显示多旋翼的飞行轨迹。 | Readme |
| 2 | CopterSim | CopterSim 是 RflySim 平台核心软件之一，它是针对 Pixhawk/PX4 自驾仪平台开发的一款硬件在环仿真软件，可以在软件中配置多旋翼的模型，通过 USB 串口与 Pixhawk 自驾仪连接来实现硬件在环仿真，达到室内模拟室外飞行测试的效果。主要由两大部分组成—模型和通信。模型是指可根据所设置的模型参数，进行计算后直接就可进行仿真；并支持运行动态模型(DLL)，并连同其他软件构成软/硬件在环仿真。 | Readme |
| 3 | drivers | 用于飞控等硬件链接所用的驱动文件夹。 | Readme |
| 4 | examples | MATLAB 的 PSP 官方文件夹 | Readme |
| 5 | Firmware | PX4 由瑞士苏黎世联邦理工学院(ETH)计算机视觉与几何实验室的一个软硬件项目 PIXHAWK 演变而来，该飞控系统完全开源，为全球各地的飞控爱好者和研究团队提供一款低成本 | Readme |

| | | | |
|----|---------------------|---|------------------------|
| | | 本高性能的高端自驾仪。 | |
| 6 | FlightGear 2016.1.2 | FlightGear 是遗传自 LaRCsim 并加入了 Navion 飞机。这带来了许多限制（最重要的是很多特性是硬编码实现的，而不是配置文件），多次尝试开发或者加入额外的飞行模型。现在导致的后果就是 FlightGear 可以支持多种不同的飞行模型，可以在运行时选择 | Readme |
| 7 | Python38 | Python38Env 是一个基于 Python 3.8 编程语言的虚拟环境（不同的项目可以拥有各自独立的库版本和设置，而不会相互干扰）。Python38Env 包含了多个特定的 Python 库，如 numpy、pymavlink、OpenCV、pyulog、torchvision、pyyaml、utils、open3d、pytorch、tensorflow、gym 等在无人系统的算法开发中常用的库。 | Readme |
| 8 | QGroundControl | QGroundControl 是专为 PX4 软件最新架构的开源地面站，其使用 QT 编辑器 C++ 语言编写其核心代码，其支持源代码修改和功能二次开发，即适合无人机地面站研究实验也适合无人机地面站功能的定制及修改。 | Readme |
| 9 | RflySim3D | RflySim3D 使用 UDP 通信，能够接受一些来自外部的命令，例如切换场景、创建无人机、开启 UE 内置的物理碰撞等，命令的细节将在 RflySim3D 接口与使用方法介绍中介绍，总之 RflySim3D 可以接受来自 CopterSim、Python、Simulink 的 UDP 命令，并返回碰撞/地形数据以及视觉图像数据。 | Readme |
| 10 | RflySimAPIs | 例程文件夹 | Readme |
| 11 | RflySimUE5 | RflySimUE5 是一款基于 UE5.3 开发的可视化软件 | Readme |
| 12 | Win10WSL | Windows 子系统 WSL。 | Readme |

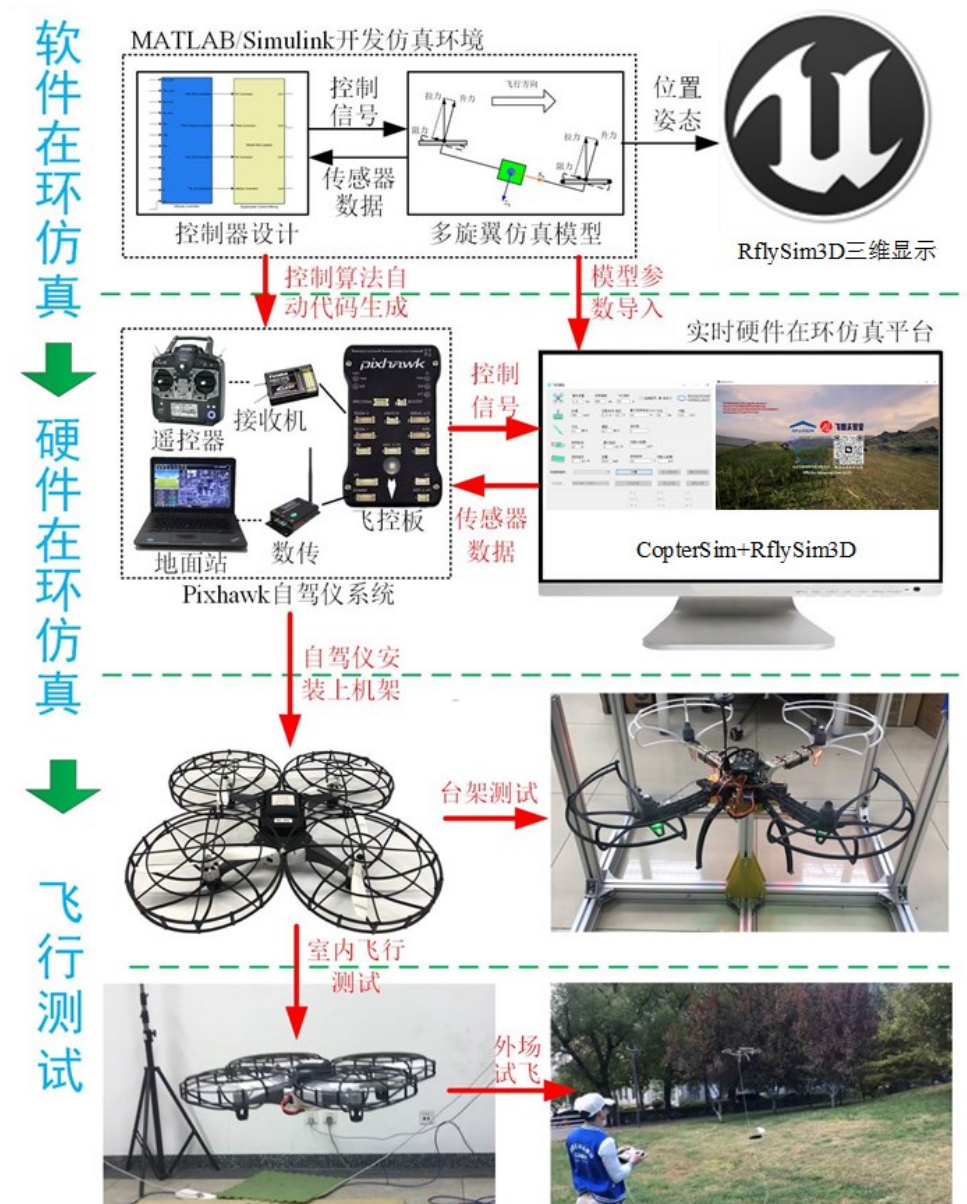
1. RflySim 平台背景

智能无人系统开发和测试通常分为基于实验和基于仿真。如表 1 所示，以无人机开发为例，基于实验的开发和测试虽然很直接，但是存在安全、空间、时间和成本等诸多痛点，以上痛点对于集群飞行测试更“痛”。基于仿真的开发和测试需要建立无人系统的数学模型，围绕模型进行开发和测试，最终回到真实的无人系统。对于基于仿真的开发和测试，痛点在于如何建立合理的模型。这导致传统仿真不真，而真的又太贵。然而，基于实验的开发和测试虽然直接但是“短期获利”行为，而基于仿真的开发和测试虽然看似“麻烦”但是“长期获利”行为。比如：特斯拉工程师表示他们花了 10 年进行能量流动的模型建，在不更换电池组的情况下实现续航里程提升。然而，据笔者所知，在国内大部分中小公司对无人机开发非常依赖实验，只有大公司和航空航天院所开发重要的国家型号会采用基于模型的开发过程。

表 1 无人机基于实验的开发和测试与基于仿真的开发和测试对比

| 基于实验的开发和测试 | 基于仿真的开发和测试 |
|--|---|
| 安全痛点： 旋翼转速高，飞行过程危险高，特别对于在校学生 | 室内进行 只需要电脑等设备，成本低，场地受限小... |
| 空间痛点： 室内空间又寸土寸金，而室外空域又难申请 | 可以仿真任何故障，并在期望的飞行环境中自动注入。 |
| 时间痛点： 无人机通常不稳定，调试测试时间花费巨大，并且大部分时间花在硬件调试而非算法 | 所有状态、输入、输出均可以获取，可以随时获取真值。 |
| 成本痛点： 硬件成本高，调试过程经常摔机，并且硬件更新换代时间快 | 可以在实验开发阶段随时进行。 结果可信度难以保证，通常仅用于开发和功能测试。 |

典型的无人智能体集群协同控制从仿真到实验全流程、全模块的系统架构如图 1 所示，涉及包含无人智能体系统的设计与搭建、通讯系统的设计与搭建、定位系统的搭建与设计、导航与运动控制系统的设计与搭建、载荷系统的设计与搭建、任务规划系统的设计与搭建、地面站综合控制系统的设计与搭建等在内的众多软硬件系统，是一个庞大的生态系统和工具链。



3. RflySim 平台版本划分

RflySim 平台目前分为了三个版本：免费版、个人版、集合版、完整版、企业版，请咨询 service@rflysim.com。

免费版：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。

个人版：基于免费版，开放了无人机集群仿真数量 ≤ 15 架，支持选购拓展更多的例程资源。

集合版：基于个人版，集群仿真的飞机数量无限制（注：最终能仿真飞机数量取决于电脑性能，通常高配电脑的 SITL 小于 15 个，HITL 小于 20 个，Simulink&DLL 支持更多），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。

完整版：保留 RflySim 全部功能，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。

企业版：基于完整版，新增 CopterSim 和 RflySim3D 支持隐藏或自定义 LOGO、支持多电脑分布式组网构架大规模集群仿真、支持 Redis 通信协议（用于大规模分布式集群仿真）、带定制化的大型进阶例程（直升机、倾转旋翼、多机集群实验等）、支持 Windows 高性能电脑，或 Linux 服务器进行部署（RflySimCloud 云平台）、支持基于 FPGA 的超高实时硬件在环仿真平台（支持 Ardupilot 等飞控）等等

版本区别：详见 <http://doc.rflysim.com/1/RflySimIntro/RflysimVersions.pdf>。

4. RflySim 平台安装

4.1. 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，Simulink 等工具箱必须安装）

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：本平台更适用于游戏本或游戏主机，专业服务器和图形工作站可能出现抖动与卡顿。

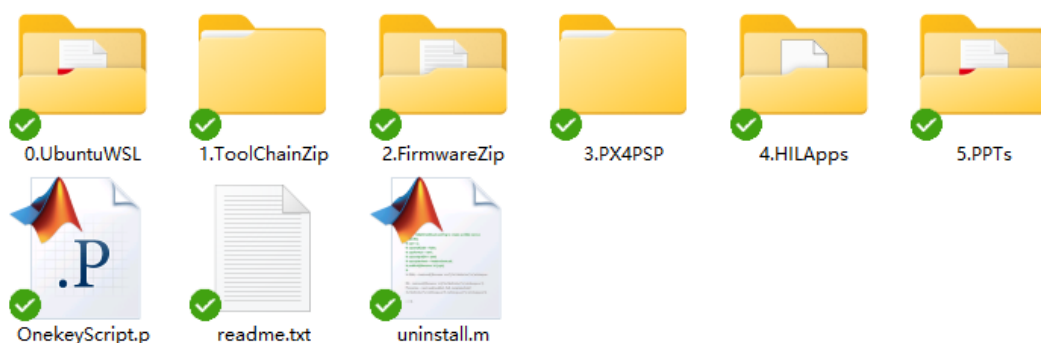
注：对于只关注于 Python 进行视觉集群等上层控制算法开发的用户，也可不安装 MATLAB，直接使用后文的 exe 一键程序安装，这种模式将无法使用 MATLAB 相关的底层飞控开发和集群控制功能。

4.2. 软件获取及安装

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。



图 扫码查看 RflySim 平台视频安装教程



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。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。

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

4.3. 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。

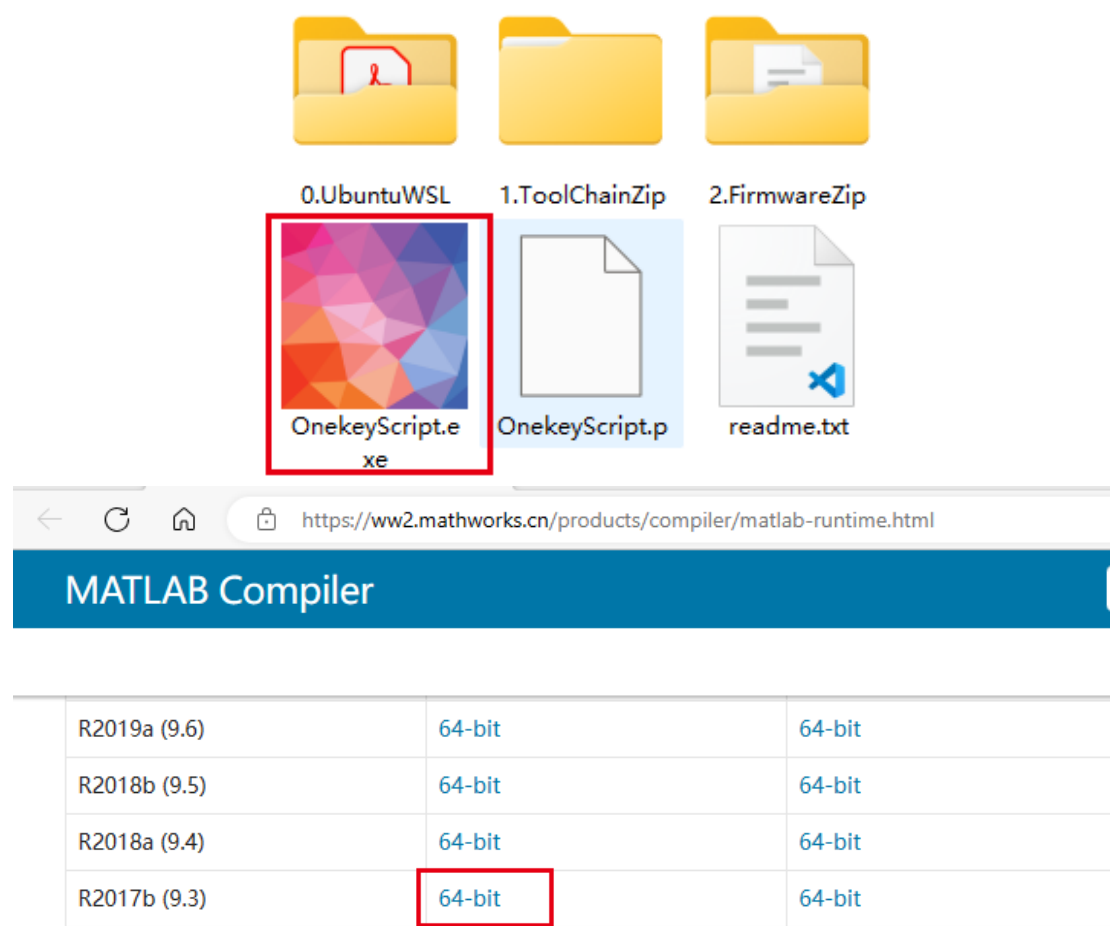
2. 对于 Win7 系统（或 Win10WSL 编译器安装失败的情况）：只能使用 Cygwin 编译器。这里可以跳过上文步骤，直接在后文的一键安装脚本页面，输入“PX4 固件编译器”时选择“3”：Cygwin 编译器。

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])
3

4.4. 一键安装脚本(无 MATLAB 安装)

由于 MATLAB 需要占用很大空间，针对主要用 Python 进行单机、视觉、集群、通信等上层算法开发的用户，也可不安装 MATLAB，采用 exe 安装程序一键安装。步骤如下：

安装 MATLAB 的运行库文件：https://ssd.mathworks.cn/supportfiles/downloads/R2017b/deployment_files/R2017b/installers/win64/MCR_R2017b_win64_installer.exe。或从下面网址选择合适运行库版本：<http://www.mathworks.com/products/compiler/mcr/index.html>，双击安装包内“OnekeyScript.exe”文件，即可弹出安装界面



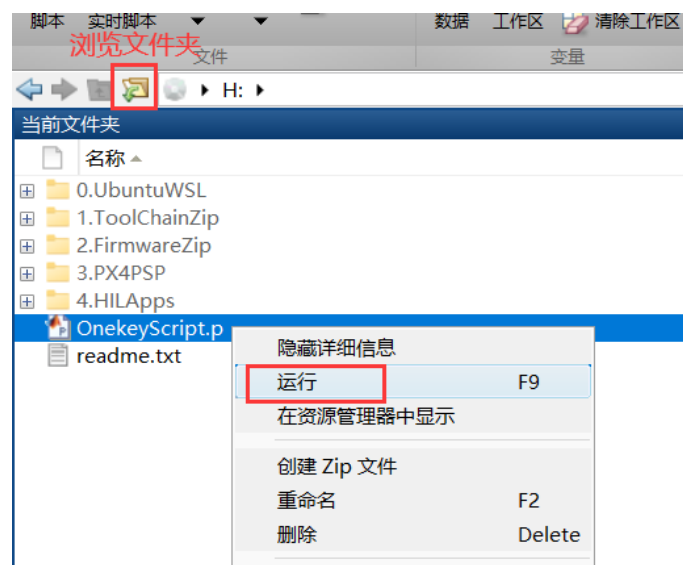
The screenshot shows the MATLAB Compiler website. At the top, there are three folders: 0.UbuntuWSL, 1.ToolChainZip, and 2.FirmwareZip. Below them are three files: OnekeyScript.exe (highlighted with a red box), OnekeyScript.p, and readme.txt. Below the files is a table of MATLAB versions and their bitness.

| Version | Architecture | Architecture |
|--------------|--------------|--------------|
| R2019a (9.6) | 64-bit | 64-bit |
| R2018b (9.5) | 64-bit | 64-bit |
| R2018a (9.4) | 64-bit | 64-bit |
| R2017b (9.3) | 64-bit | 64-bit |

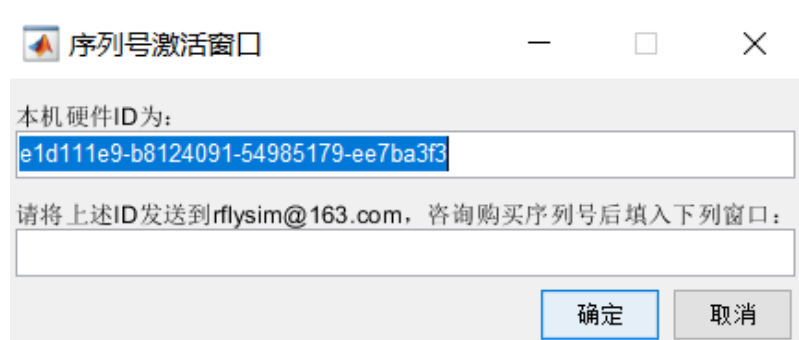
注意：这种方式无法安装自动代码生成工具箱等 MATLAB 相关的功能，也就不支持底层控制算法开发，DLL 模型生成，Simulink 集群控制等。

4.5. 一键安装脚本（正常安装）

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）。



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：见Firmware\boards目录，模版px4_fmu-v5_default、droneeye_racer_default等
px4_fmu-v5_default

3.PX4固件版本（1：PX4-1.7.3，4：PX4-1.10.2，5：PX4-1.11.3，6：PX4-1.12.3，7：PX4-1.13.0）
7

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

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、硬件在环仿真软件等，约5分钟）
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，重装约5分钟）
是

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

确定 取消

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“droneeye_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。

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 M

sys2Toolchain 编译环境和基于 Cygwin 的 CygwinToolchain 编译器。注意，如果需要编译 \geq PX4-1.8 版本以上固件，请选择 CygwinToolchain 编译器；编译 \leq 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 Windows 10 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。

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。

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”。

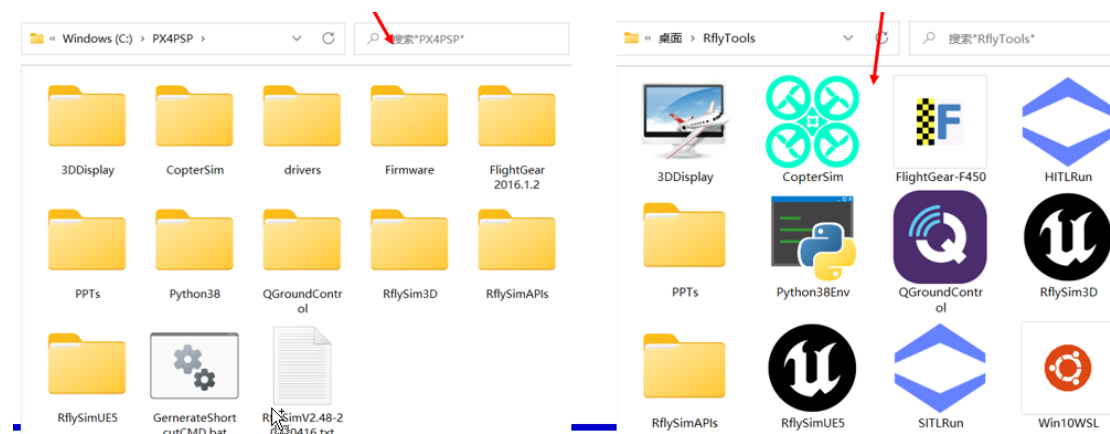
一键安装脚本的作用主要有以下几点：

- 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。
- 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）

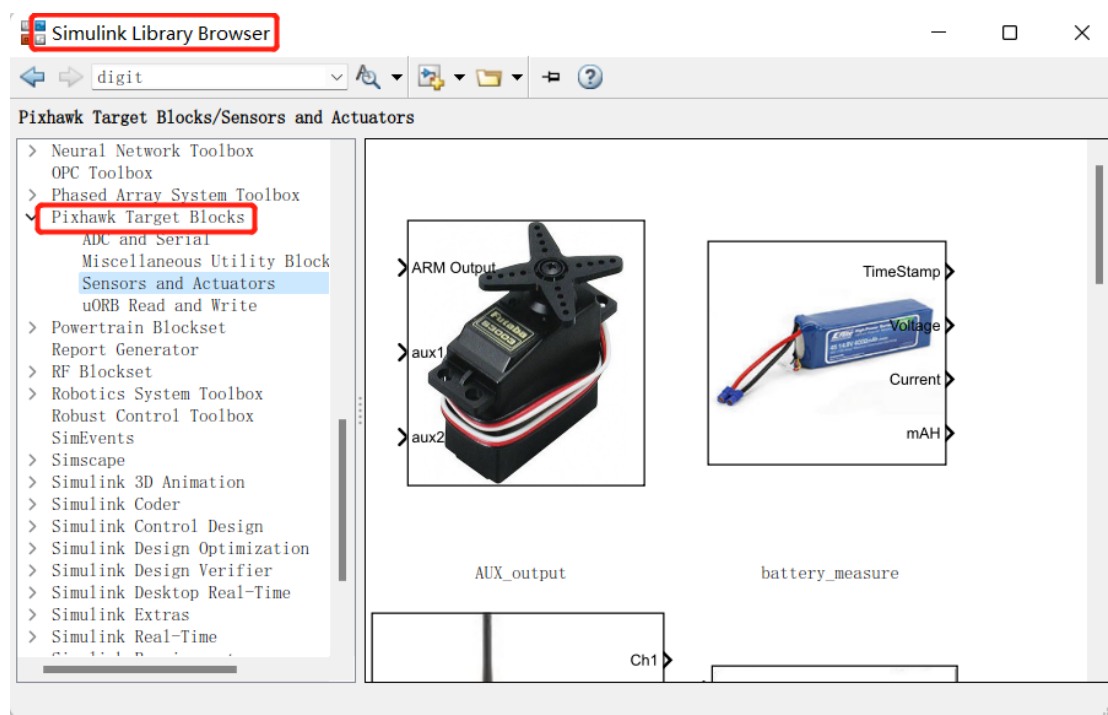
下载新安装包后，直接运行安装脚本（选择“自动”，会需要更新的内容），再点击确认，开始升级。

4.6. 安装成功验证

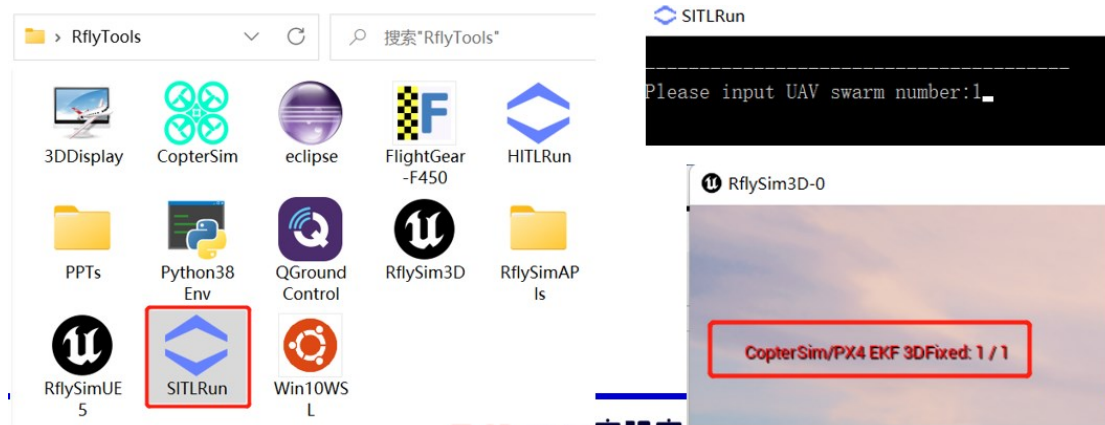
1. 如下图所示，在安装目录（默认是 C:\PX4PSP）下可以得到一系列的文件夹，其中“RflySimAPIs”文件夹是高级功能的接口教程文件夹，最为重要。如下图所示，在桌面 RflyTools 文件夹内可以得到一系列的快捷方式。



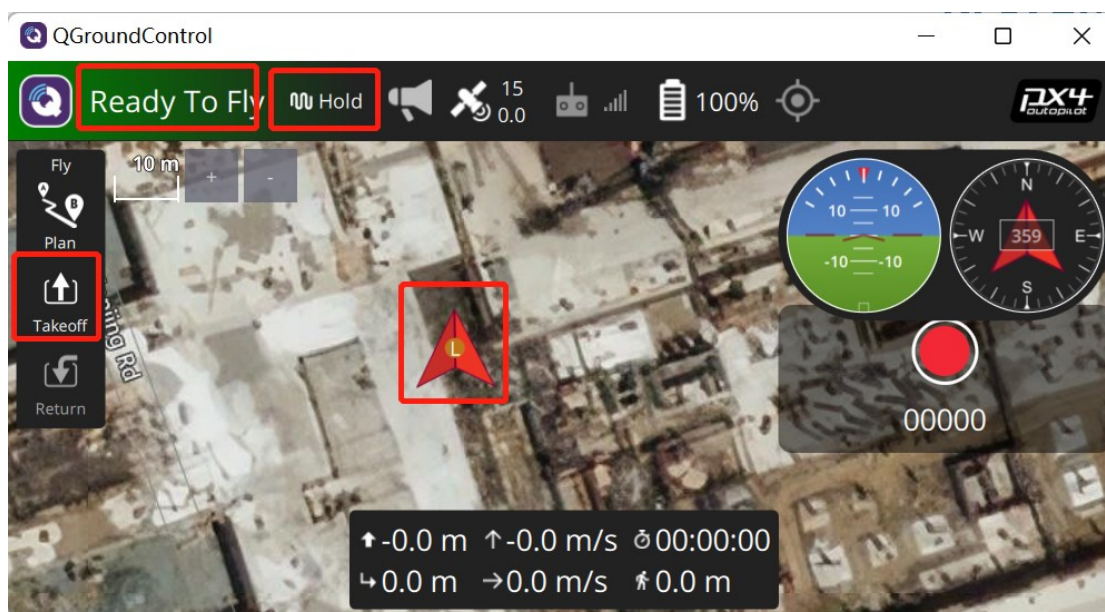
2. 打开 MATLAB，任意新建一个 Simulink 程序，进入库浏览器（Library browser）页面。如下图，向下翻可以看到 PixhawkTarget Blocks 的工具箱，说明安装成功。本功能针对底层飞控算法开发，支持 Simulink 设计飞控算法，并生成代码上传到 Pixhawk 中，进行硬件在环仿真和真机实验。



3. 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。

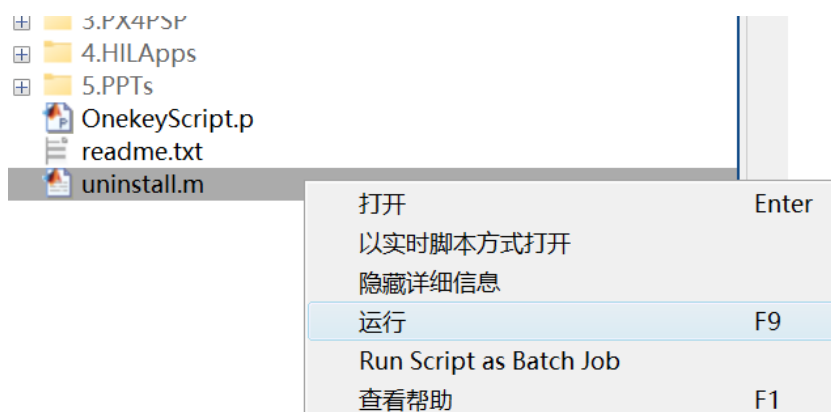


进入 QGroundControl 软件，看到飞机进入“Hold”模式，点击“Takeoff”按钮。会弹出确认滑块，将其拖到最右侧，开始自动起飞。如果飞机能离地起飞，说明平台配置正确。



4.7. 平台软件卸载方法

- **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

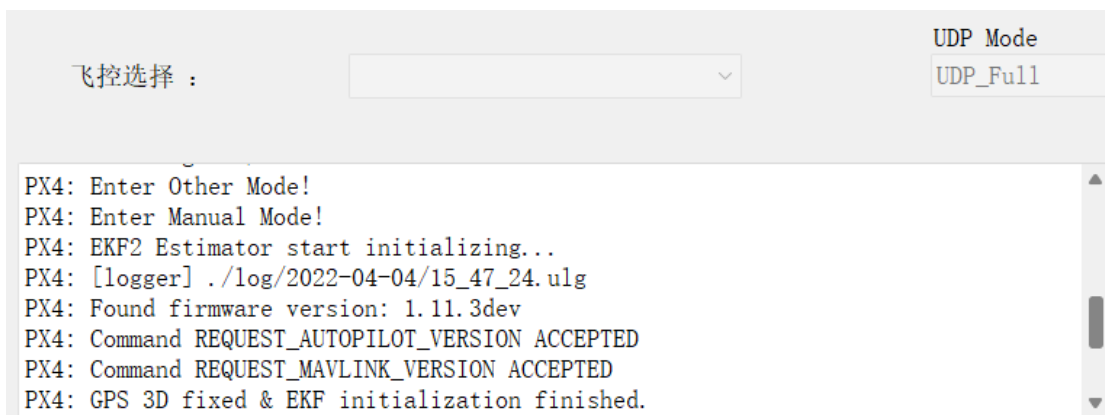


4.8. 平台安装故障排除

如果蓝屏、无法仿真、或无法起飞，请确认以下要点：

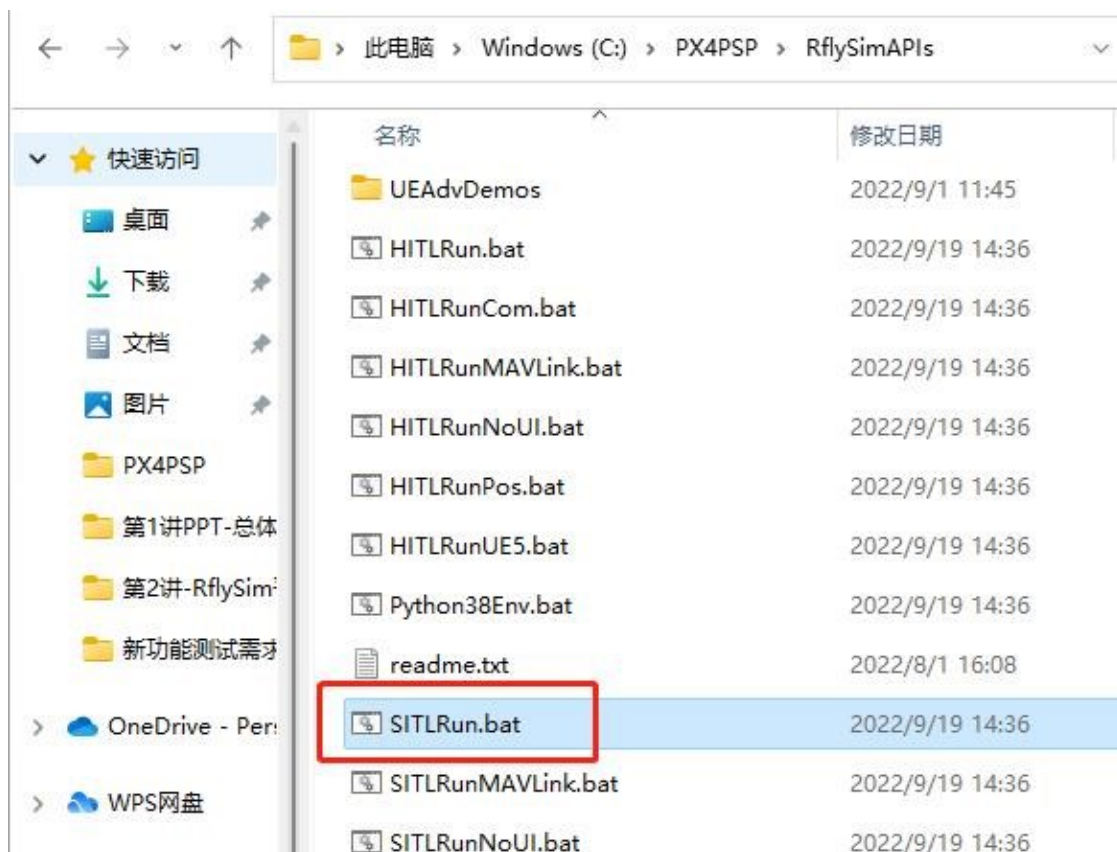
- 若出现编译缓慢、编译时蓝屏、SITL 时无法连接 QGC、Offboard 无法控制飞机、局域网电脑无法联机等问题，请确认，请确认彻底关闭或卸载电脑杀毒软件（如联想电脑管家、火绒、360 杀毒/安全卫士、腾讯电脑管家等），并关闭 Windows10 的实时保护！
- SITLRun 命令行窗口中，查看命令是否有报错，确认 px4_sitl 软件控制器运行成功。
- CopterSim 页面，消息框显示了“3DFixed”字样，确保飞机模型正确初始化且连接飞控。
- 重新运行一键安装脚本，并进入配置页面，确认固件版本 \geq PX4 1.10，编译器为 Win10WSL。
- 若还是无法起飞，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。



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：

打开平台的安装目录，默认为 C:\PX4PSP\RflySimAPIs，找到 SITLRun.bat 的脚本。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。右键以管理员方式修改完的 bat 一键脚本。





5. RflySim 平台特点

RflySim 平台高级版及定制版其具有如下特点：

5.1. 统一性

整个研究框架扩展到所有的无人控制系统，形成一个标准的自动开发、测试与评估框架体系；



5.2. 无人机物理特性仿真还原度高

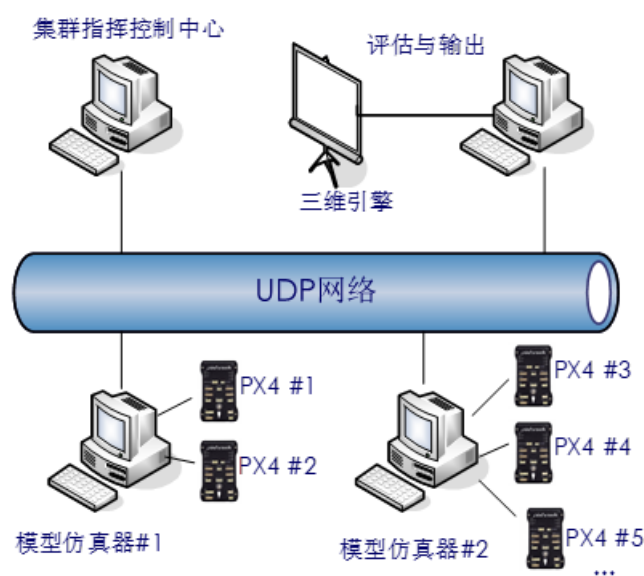
其开发者均为无人机研究团队，具有丰富的无人机领域研究经验；

5.3. 易用性

在 Windows 平台下进行一键安装、一键代码生成、一键固件部署、一键软硬件在环仿真和快速实飞, 非常方便易用。用户不需要了解飞控源码、Linux 编程、C/C++编程、网络通信、飞机组装等底层知识, 只需具备基础的 Simulink (或 Python) 知识, 即可快速将自己的算法经过层层验证并应用于真机上, 有助于更专注于算法的开发与测试。

5.4. 完全分布式构架

所有应用软件都可以在同一台或多台电脑上多开, 并且各个应用之间可以通过 UDP 网络相互收发消息, 这种分布式的构架非常适合于大规模带视觉的无人机集群仿真测试;



5.5. 支持多种机型仿真

支持小车、固定翼、垂直起降飞行器 (VTOL) 等多种机型。用户可以在 Simulink 中根据规范的接口搭建机架模型, 然后自动生成 DLL 文件用于 HIL 仿真。进一步实验平台能被拓展到任意无人系统中;



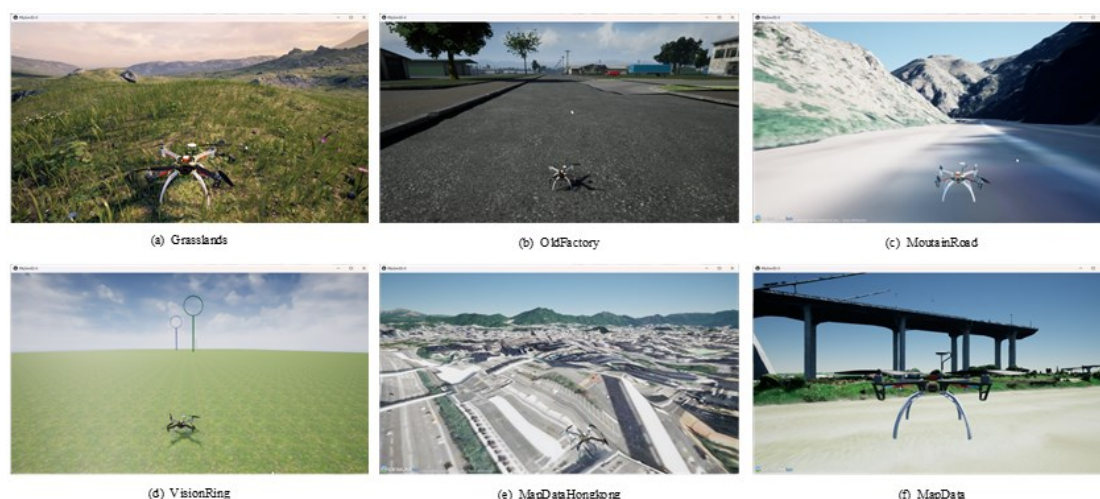
5.6. 支持大规模无人机集群 SIL/HIL 仿真

在同一局域网下，开发者可以使用 CopterSim 连接多个 Pixhawk 进行硬件或软件在环仿真。同时，还可以使用 Simulink 或者 C++ 程序控制飞行器，控制指令会由 Mavlink 协议经过串口（数传）或者网络（WIFI）发送给 Pixhawk；



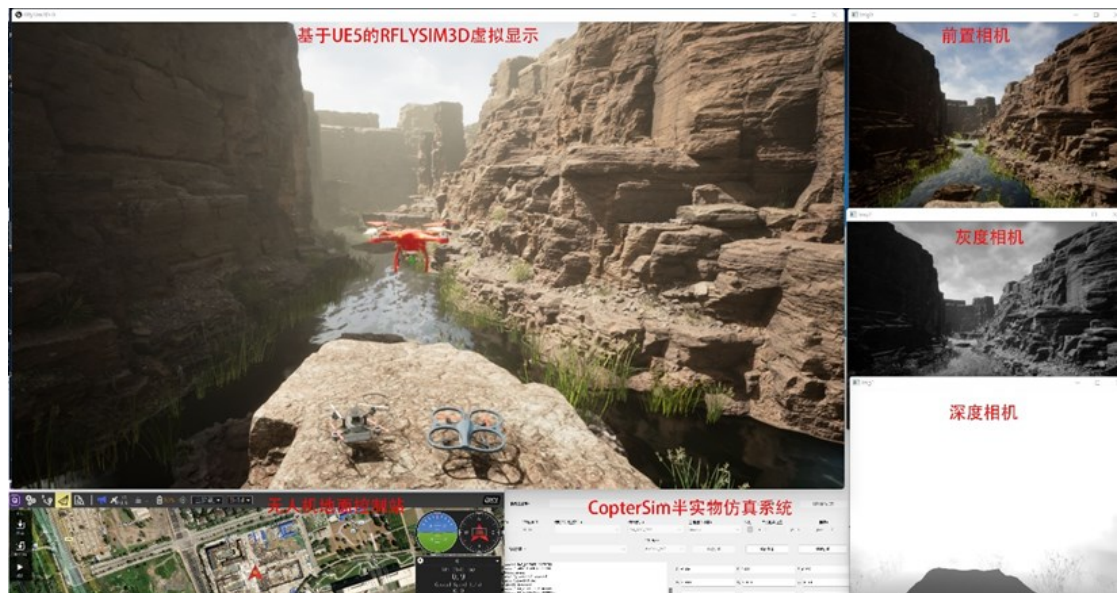
5.7. 提供高逼真的 3D 视景

提供源码和教程帮助开发者在虚幻（UnrealEngine, UE）中搭建高度逼真的3D场景，用于室内外环境仿真或者基于视觉算法的开发；场景支持物理碰撞引擎，全球地形和地图，OSGB+Cesium 倾斜摄影视景地图导入，自定义 GPS 坐标，任意多窗口切换观察，RGB、深度、灰度、IMU、激光雷达等传感器数据输出，支持共享内存或者 UDP 图片直发指定 IP 地址，可用于机载计算机硬件在环 SLAM 仿真。



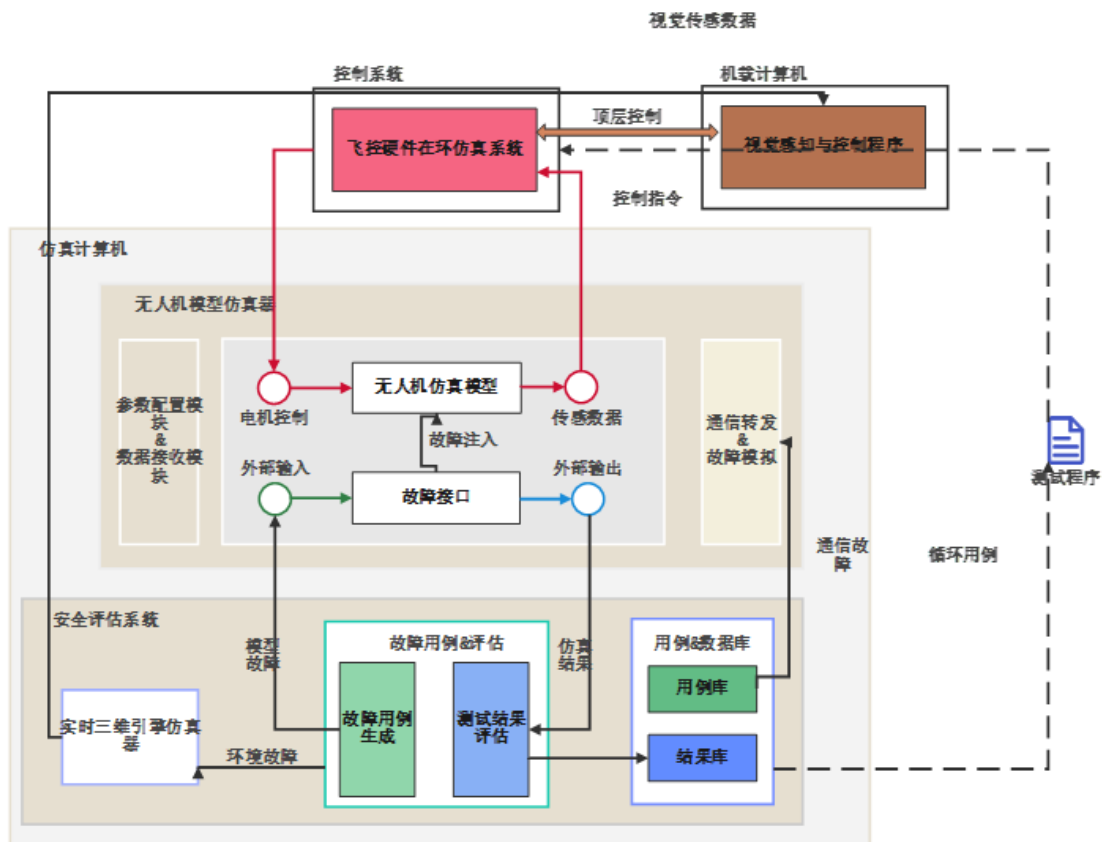
5.8. 支持基于视觉的控制

基于 UE 的三维视景平台还支持视角切换功能，可以获取方便地获取到多个视角的图像数据。还支持通过共享内存的方式在 Simulink、Python、C/C++等代码平台中实时获取到图像数据并进行处理，处理得到的视觉数据可以通过 UDP 再返回给 CopterSim 或者 Simulink 控制，形成带有视觉的硬件在环仿真闭环。



5.9. 支持多种故障注入

可实现的故障类型包括模型故障、通信故障和环境故障等。

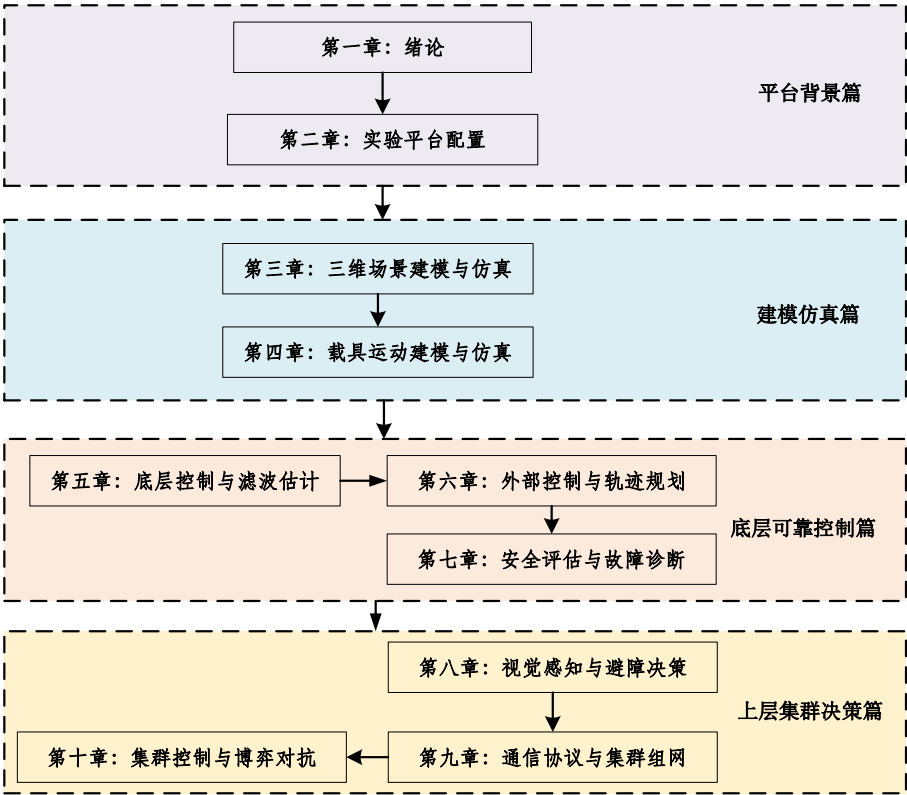


6. RflySim 平台学习资料

6.1. 总览

本平台主要根据无人系统开发过程阶段将其划分为 10 个不同得章节。其内容包括利用

RflySim 对场景搭建、无人系统的动力学模型建立、底层控制、智能感知、健康评估、网络模拟、集群控制等等。其中第二章关于 RflySim 平台使用上手，通过该章可以完成软件平台的安装方法和硬件平台配置。通过一二章，读者可以对研究对象和使用工具有个总体的了解，这为后续开发设计打下了基础。在第三、四章中为三维模型与场景开发，以及无人载具系统建模开发，其中前者涉及无人系统工作的环境，后者涉及无人系统的数学模型。基于第三、四章的实践，进入第五、六章中，包含底层控制开发实践涉及如何控制无人系统的动力单元，而远程控制开发实践涉及如何控制无人系统的速度等高层指令。后者涉及的无人系统是“无人系统+自动驾驶仪”的复合系统，其中自动驾仪可以用于控制无人系统的速度。远程控制开发实践多服务于高层决策。在第七章中故障注入与安全测试开发实践内容主要涉及如何设计带故障注入的无人系统模型，以及如何进行故障注入等。这部分工作可以用于测试系统的可靠性和容错能力等等。第八章中讲解了很多智能系统都离不开视觉这一信息量丰富的传感器。视觉算法开发实践内容主要涉及如何接入视觉传感器，并完成视觉输入到控制。第十章中包括集群通信组网开发实践和集群控制开发实践。集群相关工作也可以与单机相关工作进行结合，构建不同场景。整体框架如下：



6.2. 各章节资料检索

| 序号 | 章节名称 | 简介 | 配套课件 | API 文件 | 例程汇总 |
|----|-----------------|--|------|--------|--------|
| 1 | 第 1 讲-绪论 | RflySim 平台简介、版本区别、安装及各功能特点。 | PPT | API | Readme |
| 2 | 第 2 讲-实验平台配置 | RflySim 平台配置流程、核心组件的使用方法及实验流程等。 | PPT | API | Readme |
| 3 | 第 3 讲-三维场景建模与仿真 | RflySim3D 软件的构架和功能、无人系统三维建模与场景开发软件的使用等。 | PPT | API | Readme |
| 4 | 第 4 讲-载具运动建模与仿真 | 无人系统载具的控制模型搭建、RflySim 平台模型开发流程等。 | PPT | API | Readme |
| 5 | 第 5 讲-位姿控制与滤波估计 | 本章包含大量无人系统底层开发例程，提供代码生成与下载功能，可以将设计的 Simulink 控制算法一键生成 PX4 固件，并烧录自驾仪中。实现 Sim2Real 的基础性实验流程。 | PPT | API | Readme |
| 6 | 第 6 讲-外部控制与轨迹规划 | 本章通过外部控制接口对智能体发送命令，去实现更上层的轨迹规划等控制功能。 | PPT | API | Readme |
| 7 | 第 7 讲-安全测试与健康评估 | 本章针对无人系统开发中的软件单元和集成验证、嵌入式软件和硬件验证、软硬件集成验证到整机集成与测试验证的过程。实现对上述所有的开发阶段进行故障注入与安全测试。 | PPT | API | Readme |
| 8 | 第 8 讲-视觉感知与避障决策 | 本章讲述视觉传感器与相关理论，如：载体与各传感器坐标系，视觉控制的常见传感器等；介绍 Linux、ROS、MAVROS 等相关视觉开发的环境配置方式和 RflySim 平台的视觉接口。 | PPT | API | Readme |
| 9 | 第 9 讲-通信协议与集群组网 | 无人系统组网的方式与现状、RflySim 平台中的集群通信的系统架构以及无人系统组网的仿真例程。 | PPT | API | Readme |

| | | | | | |
|----|------------------|---|-----|-----|--------|
| 10 | 第 10 讲-集群控制与博弈对抗 | 围绕多智能体的无人系统集群控制开发，介绍了集群编队、任务规划、博弈等技术，重点讲述 RflySim 平台无人机集群系统的分布式控制框架和基于 MATLAB/Python 的集群控制接口，提供基于蚂蚁算法的多无人机任务规划、多无人机的编队、曲线管道控制、大规模无人机集群控制等案例，帮助读者理解集群控制的原理和实现方式。 | PPT | API | Readme |
|----|------------------|---|-----|-----|--------|