

1. 实验名称及目的

1.1 实验名称

集群Python接口演示实验 (MAVLink_Full)

1.2 实验目的

通过利用RflySim平台mavlink通信函数接口进行无人机位置控制、速度控制、航向控制。

1.3 关键知识点

本例程的关键在于通过PX4MavCtrl.PX4MavCtrler函数新建4个mav通信实例，分别绑定四个CopterSim的接收端口 $20100+2*i$ ，即 $mav=PX4MavCtrler(20100)$ 、 $mav1=PX4MavCtrler(20102)$ 、 $mav2=PX4MavCtrler(20104)$ 、 $mav3=PX4MavCtrler(20106)$ ，然后，依次使用mav到mav3控制四个飞机的飞行，并获取四个飞机的状态。

本例子使用了MAVLink_Full的UDP

Mode通信模式。在Python控制程序中使用默认值`mav.InitMavLoop()`或指定值`mav.InitMavLoop(2)`；在bat脚本中使用`UDPSIMMODE=2`。发送期望位置和朝向可使用`SendPosNED`函数（北东地为xyz轴的地面系）和`SendPosFRD`函数（前右下为xyz轴的机体系），可配合`SendCopterSpeed`函数来设置飞往目标点的位置。发送期望速度和偏航速度可使用`SendVelNED`

函数（北东地为xyz轴的地面系）和`SendVelFRD`函数（前右下为xyz轴的机体系）来实现。

2. 实验效果

通过使用平台提供的接口函数，调用平台的MAVLink_Full的UDP Mode通信模式，进行无人机的信息获取和控制。

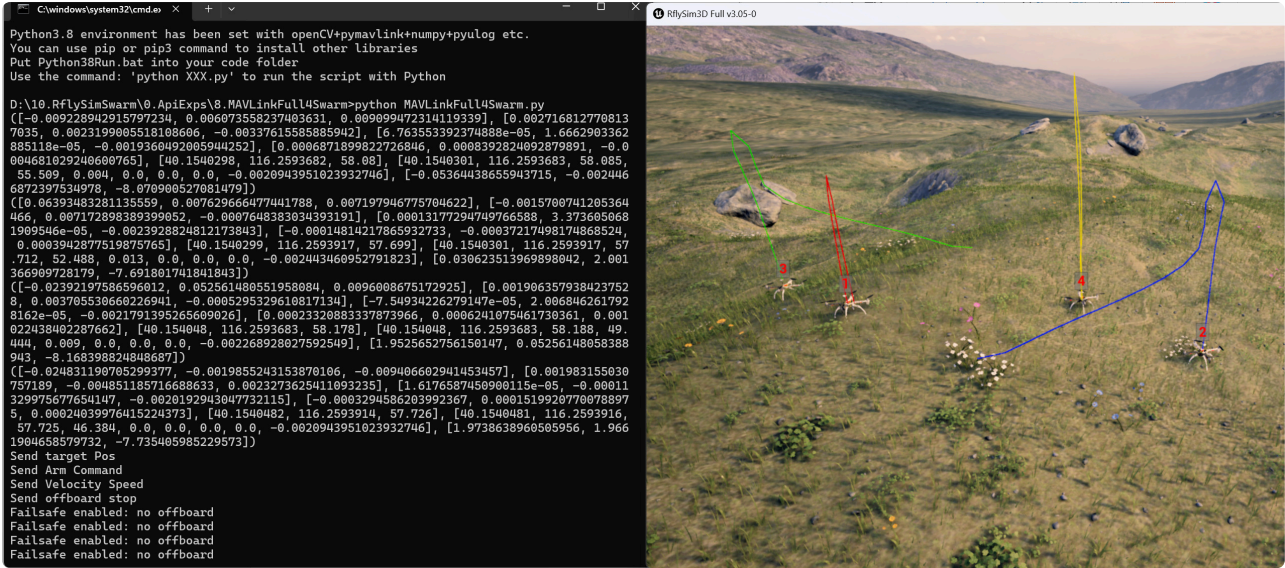


图 1 实验效果

3. 文件目录

例程目录：

[安装目录]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\0.ApiExps\e2.PyRflySwarmAPIExps\1.MAVLinkFull4Swarm

表 1 文件目录

文件夹/文件名称	说明
MAVLinkFull4Swarm.bat	软件在环仿真一键配置文件
HITLMAVLinkFull4Swarm.bat	硬件在环仿真一键配置文件
MAVLinkFull4Swarm.py	实现功能主文件
Python38Run.bat	Python环境启动脚本
Readme.pdf	用户指南

4. 运行环境

表 2 运行环境

4.1 软件要求

Win 10/Win11系统；RflySim工具链；Visual Studio Code。

①：若使用Pixhawk 6X飞控，平台安装时的编译命令为：px4_fmu-v6x_default，推荐PX4固件版本为：1.12.3。其他配套飞控及编译命令请见：

<https://rflysim.com/doc/zh/1/Hardware.html>

4.2 硬件要求

笔记本/台式电脑① 1台；注：选做 1台。

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

1. **：**推荐配置请见：<https://rflysim.com/doc/zh/1/InstallLearn.html>

5. 实验步骤

本实验分为三个小实验，其中前一个实验为必做实验，后两个为选做实验。实验规划中分为软件在环实验和硬件在环实验，结合起来进行非常有意义，可以全面评估控制算法在仿真和实际硬件环境中的性能。

5.1 必做实验（软件在环仿真）

Step 1: 开启软件在环仿真并等待初始化完毕

执行命令 [MAVLinkFull4Swarm.bat](#)

文件。将会启动QGC地面站，4个CopterSim软件,等待CopterSim软件下侧日志打印出GPS 3D

fixed & EKF initialization

finished字样代表初始化完成，并且RflySim3D软件内有4架飞机。

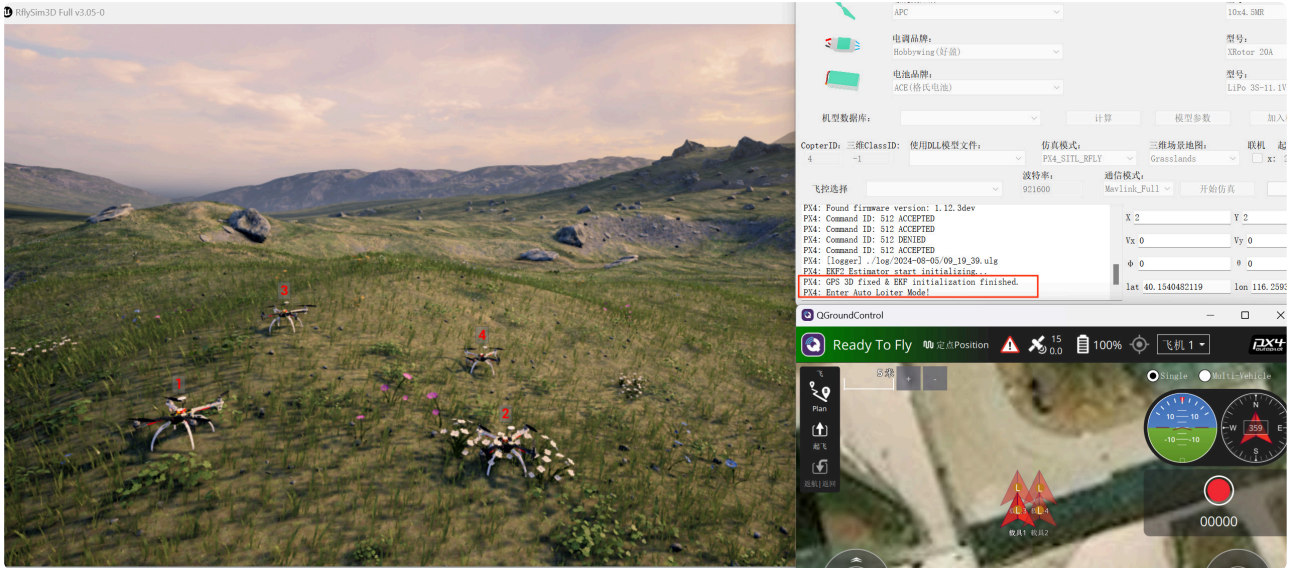


图 2 初始化界面

Step 2: 启动仿真

在文件夹下，双击 `Python38Run.bat`，打开集成好的python环境，在该环境下运行 `MAVLinkFull4Swarm.py` 文件，输入

`python`

`MAVLinkFull4Swarm.py`，接着按回车即可启动仿真，然后在Python38Run上就会出现无人机的仿真状态数据。

```

C:\windows\system32\cmd.exe
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put Python38Run.bat into your code folder
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python

D:\10.RflySimSwarm\0.ApiExps\8.MAVLinkFull4Swarm>python MAVLinkFull4Swarm.py
[[0.013033473864197731, -0.03797783702611923, 0.004077552352100611], [0.0008317018509842455, 0.002864361507818103, -0.007915551774203777], [-4.1619477997301146e-05, -2.446661937938188e-06, -0.0023118583485484123], [0.00037657786742784083, -7.177267434599344e-06, 0.000549970252905041], [40.15403, 116.2593683, 58.124], [40.1540301, 116.2593682, 58.127, 44.401, 0.003, 0.0, 0.0, 0.0, -0.002443460952791823], [-0.009174248344487468, -0.037977837180690255, -8.11992244711203]]
[[-0.016949795186519623, -0.027947265654802322, 0.010087418369948864], [-0.004194700624793768, 0.0011094161309301853, -0.0005048434250056744], [-0.00027303877868689597, -4.651204289984889e-05, -0.001882521784864366], [-0.0006296804058365524, 0.00062408866496227682, -0.00021201201889198273], [40.1540297, 116.2593919, 57.91], [40.15403, 116.2593916, 57.916, 41.335, 0.005, 0.0, 0.0, 0.0, -0.0019198621771940006], [-0.07246883046968922, 1.9828305412703093, -7.899912263654601]]
[[0.009193886071443558, 0.04602648317813873, -0.007240363396704197], [-0.003256671130657196, 0.007681064773350954, 0.002965469378978014], [8.973498188424855e-05, -0.0001487998233642429, -0.0017019957304000854], [0.0007193018682301044, 9.458979911869392e-05, 0.00034040637547150254], [40.154048, 116.2593683, 58.318], [40.154048, 116.2593684, 58.313, 38.296, -0.005, 0.0, 0.0, 0.0, -0.0017453292519947264], [1.9856811807134997, 0.04602648297782297, -8.325240055755788]]
[[0.023387165740132332, 0.018245836719870567, -0.003887501312419772], [-0.009801281616091728, 0.0006589191034436226, -0.0015159508911892772], [-5.9678008256014436e-05, 9.9007088391796798e-05, -0.002376858377829194], [0.0009699288057163358, -0.0005658324807882309, -0.0005548051558434963], [40.1540479, 116.2593919, 57.816], [40.1540481, 116.2593916, 57.814, 35.224, -0.001, 0.0, 0.0, 0.0, -0.002443460952791823], [1.9887707107517962, 2.0290230774188522, -7.819886880922347]]
Send target Pos
Send Arm Command
Send Velocity Speed
Send offboard stop
Failsafe enabled: no offboard
Failsafe enabled: no offboard
Failsafe enabled: no offboard
Send Mavlink stop
  
```

图 3 MAVLinkFull4Swarm.py 运行示例

Step 3: 观察实验效果

进入RflySim3D窗口，点击键盘S键打开四旋翼飞行器标号、T键开启四旋翼飞行器飞行轨迹，仿真开始后即可看到无人机先起飞接着悬空最后落下，如图4所示。

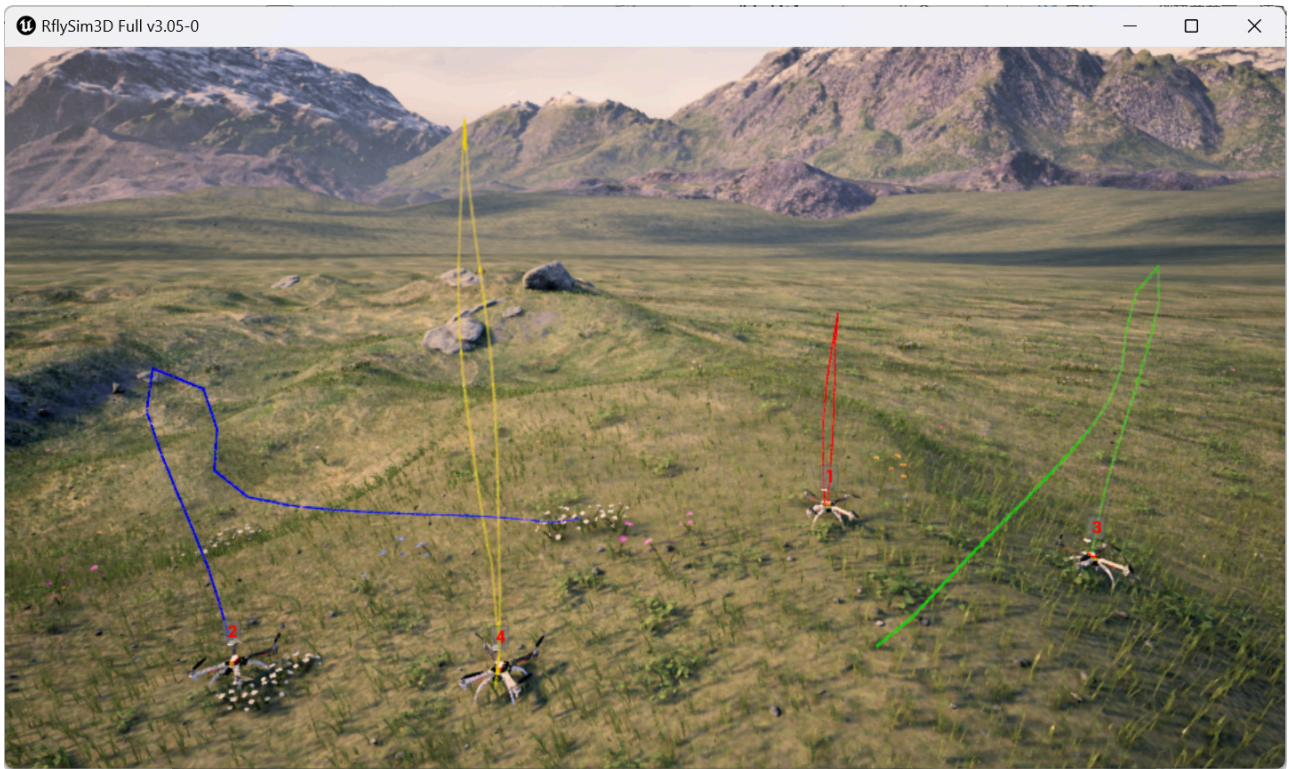


图 4 实验效果

5.2 选做实验（VS Code调试运行）

Step 1: 准备工作

先确保已经按

[\[RflySim安装目录\]/RflySimAPIs/1.RflySimIntro/2.AdvExps/e3.PythonConfig/Readme.pdf](#)

步骤，正确配置VS

Code环境。或者配置了自己的Pycharm等自定义Python环境。

Step 2: VS code调试运行

其他步骤与上文相同，在Step2启动仿真时，用VScode打开到本实验路径文件夹，运行 [MAVLinkFull4Swarm.py](#) 文件，开启仿真，然后在VS code终端上就会出现无人机的仿真状态数据。

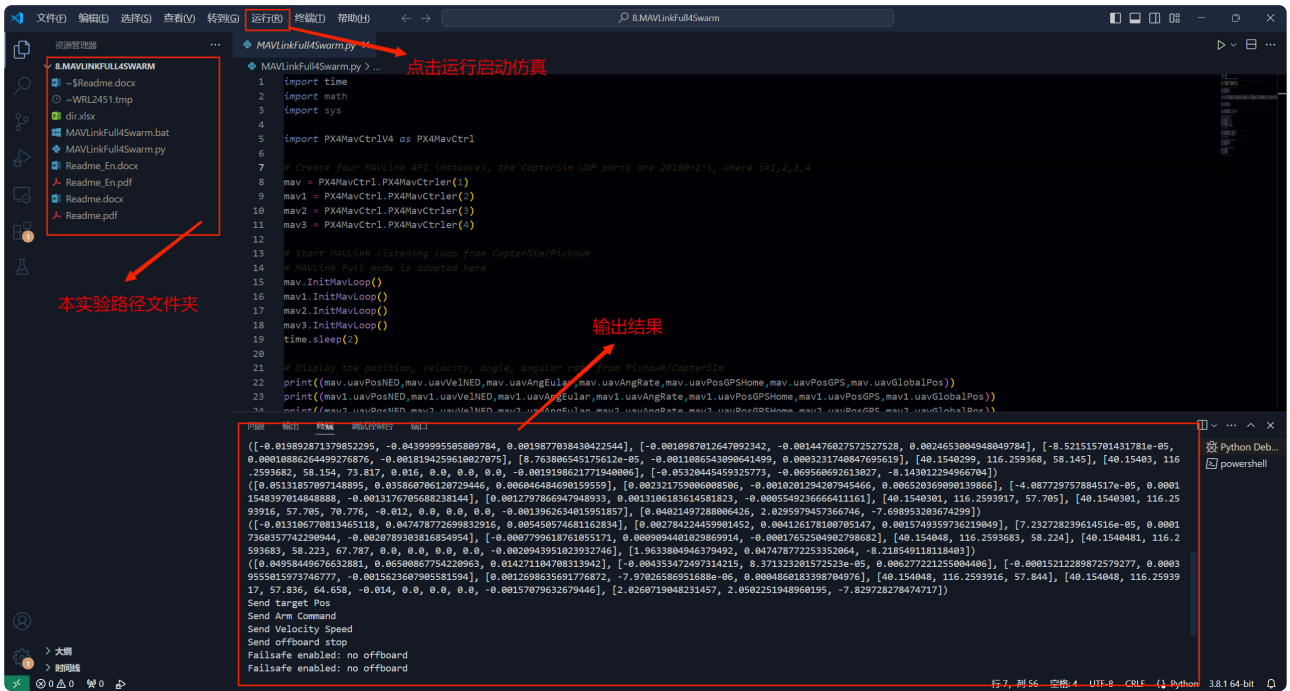


图 5 VS code调试运行

5.3 选做实验（硬件在环仿真）

本实验为基于USB口的飞控硬件在环仿真实验，需要准备4个飞控，并配置好进入HIL仿真模式，以及配置为四旋翼的控制机架模式。

Step 1: 飞控连接电脑

先使用USB线将四个飞控的TypeC端口与电脑连接，推荐使用四个飞控单独连到电脑上的四个USB口，不建议使用USB hub分线器，容易产生供电和数据带宽冲突。



图 6 飞控USB口示意图（Pixhawk 6x为例）

Step 2: 硬件在环仿真初始化

双击运行 `HITLMAVLinkFull4Swarm.bat` 脚本一键启动硬件在环仿真，在弹出的对话框中，输入与本实验相同飞机数量飞控的端口号并按回车，即可与SIL仿真实验类似，打开相同数量的RflySim3D、QGC、CopterSim软件，等待CopterSim界面均打印出语句“GPS 3D fixed & EKF initialization finished”和“Enter Auto Loiter Mode”，说明初始化完毕。

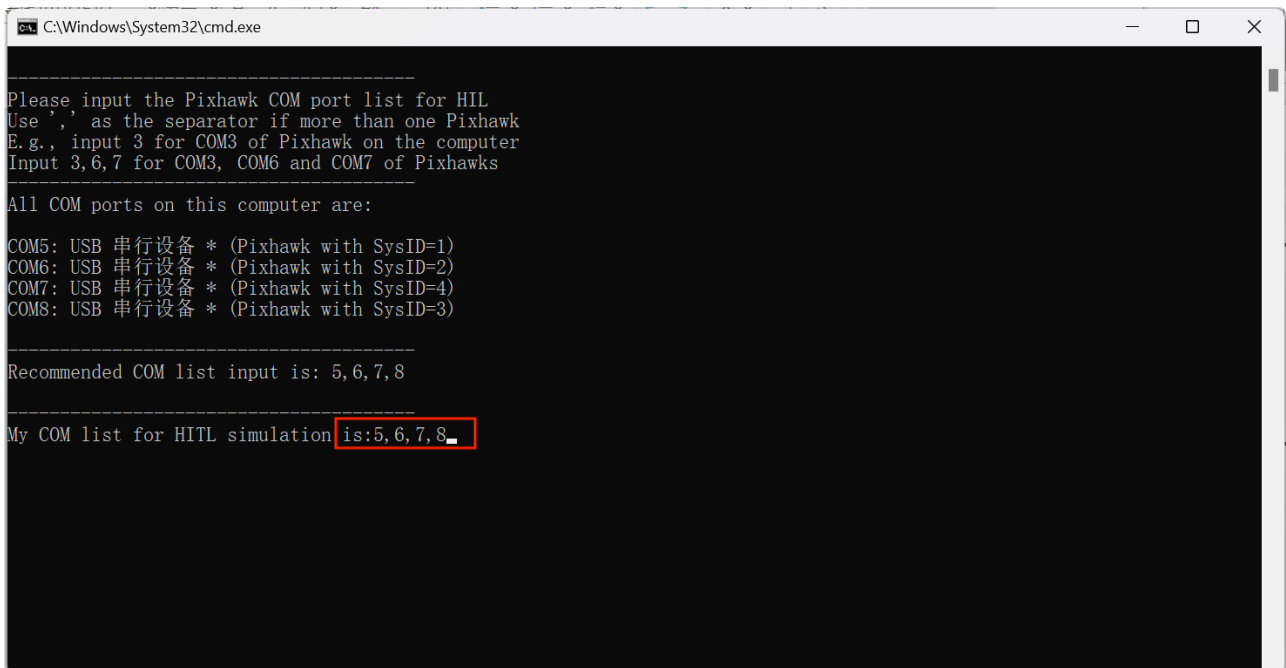


图 7 端口号输入并开启HIL仿真



图 8 CopterSim连接飞控串口信息

Step 3: 启动仿真

在文件夹下，双击 [Python38Run.bat](#)，打开集成好的python环境，在该环境下运行 [MAVLinkFull4Swarm.py](#) 文件，输入

python

[MAVLinkFull4Swarm.py](#)，接着按回车即可启动仿真，然后在Python38Run上就会出现无人机的仿真状态数据。

注：参考实验6.2，使用VS code运行 [MAVLinkFull4Swarm.py](#) 文件也可以达到同样效果。

```
C:\windows\system32\cmd.exe
Python3.8 environment has been set with openCV+pymavlink+numpy+pyulog etc.
You can use pip or pip3 command to install other libraries
Put Python38Run.bat into your code folder
Use the command: 'python XXX.py' to run the script with Python

D:\10.RflySimSwarm\0.ApiExps\8.MAVLinkFull4Swarm>python MAVLinkFull4Swarm.py
[[0.013033473864197731, -0.03797783702611923, 0.004077552352100611], [0.0008317018509842455, 0.002864361507818103, -0.007915551774203777], [-4.1619477997301146e-05, -2.446661937938188e-06, -0.0023118583485484123], [0.00037657786742784083, -7.177267434599344e-06, 0.000549970252905041], [40.15403, 116.2593683, 58.124], [40.1540301, 116.2593682, 58.127, 44.401, 0.003, 0.0, 0.0, 0.0, -0.002443460952791823], [-0.00917424834487468, -0.037977837180690255, -8.11992244711203]]
[[-0.016949795186519623, -0.027947265654802322, 0.010087418369948864], [-0.004194700624793768, 0.0011094161309301853, -0.0005048434250056744], [-0.00027303877868689597, -4.651204289984889e-05, -0.001882521784864366], [-0.0006296804058365524, 0.0006240866496227682, -0.00021201201889198273], [40.1540297, 116.2593919, 57.91], [40.15403, 116.2593916, 57.916, 41.335, 0.005, 0.0, 0.0, 0.0, -0.0019198621771940006], [-0.07246883046968922, 1.9828305412703093, -7.899912263654601]]
[[0.009193886071443558, 0.04602648317813873, -0.007240363396704197], [-0.003256671130657196, 0.007681064773350954, 0.002965469378978014], [8.973498188424855e-05, -0.0001487998233642429, -0.0017019957304000854], [0.0007193018682301044, 9.458979911869392e-05, 0.00034040637547150254], [40.154048, 116.2593683, 58.318], [40.154048, 116.2593684, 58.313, 38.296, -0.005, 0.0, 0.0, 0.0, -0.0017453292519947264], [1.9856811807134997, 0.04602648297782297, -8.325240055755788]]
[[0.023387165740132332, 0.018245836719870567, -0.003887501312419772], [-0.009801281616091728, 0.0006589191034436226, -0.0015159508911892772], [-5.9678008256014436e-05, 9.900708391796798e-05, -0.002376858377829194], [0.0009699288057163358, -0.0005658324807882309, -0.0005548051558434963], [40.1540479, 116.2593919, 57.816], [40.1540481, 116.2593916, 57.814, 35.224, -0.001, 0.0, 0.0, 0.0, -0.002443460952791823], [1.9887707107517962, 2.0290230774188522, -7.819886880922347]]
Send target Pos
Send Arm Command
Send Velocity Speed
Send offboard stop
Failsafe enabled: no offboard
Failsafe enabled: no offboard
Failsafe enabled: no offboard
Send Mavlink stop
```

图 9 仿真状态数据

Step 4: 观察实验效果

进入RflySim3D窗口，点击键盘S键打开四旋翼飞行器标号、T键开启四旋翼飞行器飞行轨迹，仿真开始后即可看到无人机先起飞接着悬空最后落下，如下图所示。

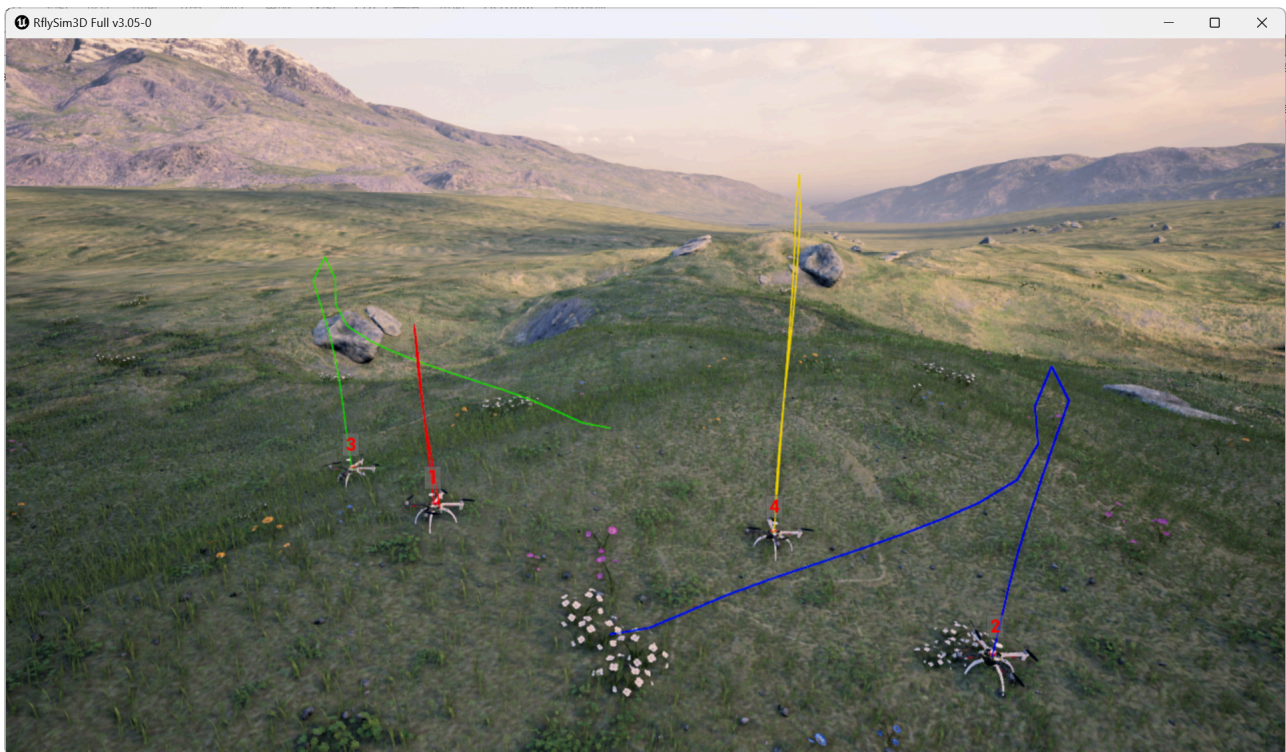


图 10 实验效果

其他硬件支持教程

1. 如果使用飞思智能仿真单元（视觉盒子），请按如下图所示，连接盒子上的飞控USB口，按上面的步骤，进行硬件在环仿真。



图 9 飞思智能仿真单元

2. 如果使用飞思实验室的集群盒子，请按如下图所示，连接盒子上的飞控USB口，进行本实验。



图 10 飞思实验室的集群盒子

3. 其他飞控支持。任意刷好PX4固件的飞控产品，按“RflySimAPIs\1.RflySimIntro\2.AdvExps\2.FCUIntro”步骤配置好飞控硬件在环仿真模式，将USB口插入电脑，按前文步骤即可完成实验。

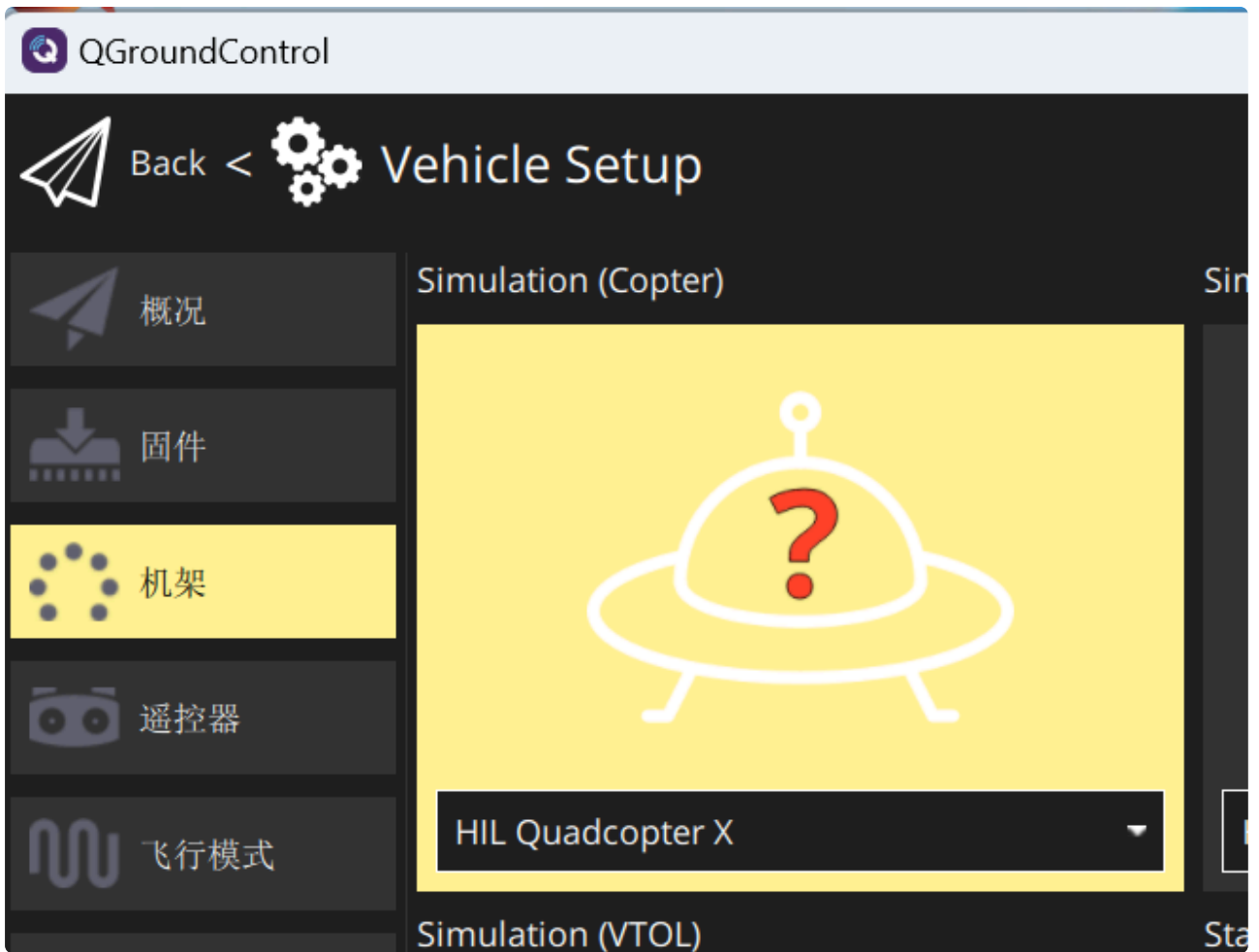


图 11 机架配置

6. 参考资料

7. 无

7. 常见问题

Q1: ***

A1: ***