

| 8机绕"8"字编队飞行仿真实验

| 1. 实验目的

本实验的目的是通过MATLAB/Simulink平台和RflyUdpFast传输模块，实现对八架四旋翼无人机进行绕8字形编队飞行控制的实验。这个实验不仅展示了多无人机系统的编队控制能力，还为实现1至10架无人机的编队控制提供了一种可行的方法，旨在验证算法在实际应用中的有效性和稳定性。

| 2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]；MATLAB R2022b及以上版本。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑^① 1台；集群仿真单元 1台^[2]。

| 3. 实验地址

例程目录：

[\[安装目录\]\RflySimAPIs\10.RflySimSwarm\1.BasicExps\e6.SwarmFormCollCtrl\1.UAV8Swarm3D_Mat](#)

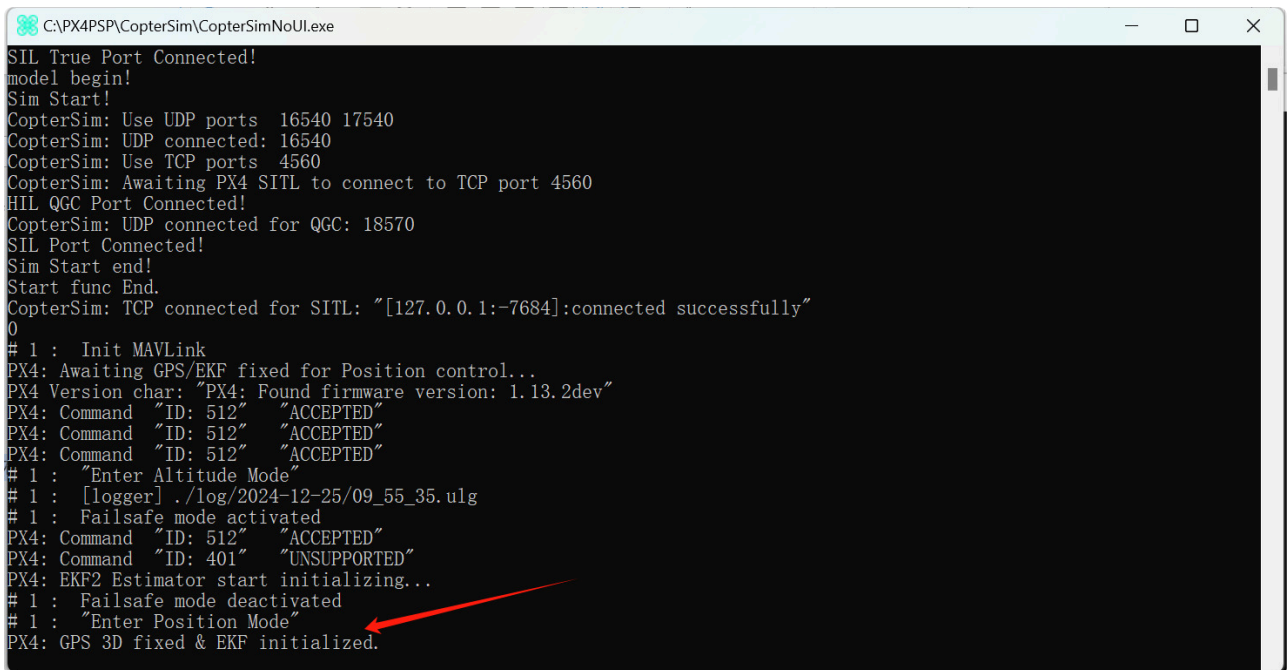
- [./start8_eight_shaped_3D_up.m](#)：初始化参数文件
- [./satgd.m](#)：飞行控制函数文件
- [./UAV8Swarm3D.bat](#)：软件在环仿真一键启动运行脚本文件
- [./HITLRunUdpSimple_net.bat](#)：硬件在环仿真一键启动运行脚本文件
- [./UAV8Swarm3D.exe](#)：生成好的exe版本程序，支持高性能运行
- [./UAV8Swarm3D.slx](#)：8字编队飞行控制Simulink主程序
- [./GenerateSwarmExe.p](#)：.exe文件生成一键运行脚本（限完整版才能运行）
- [./Readme.pdf](#)：用户指南

4. 实验内容或步骤

本实验包含软件在环仿真和硬件在环仿真两种操作模式，下面分别介绍操作步骤。

4.1 步骤1：软件在环仿真操作步骤

(1) 双击打开 [UAV8Swarm3D.bat](#)，将会启动1个QGC地面站、8个CopterSimNoUI软件和1个RflySim3D软件，等待CopterSimNoUI软件CMD窗口打印出GPS 3D fixed & EKF initialization finished字样代表初始化完成。

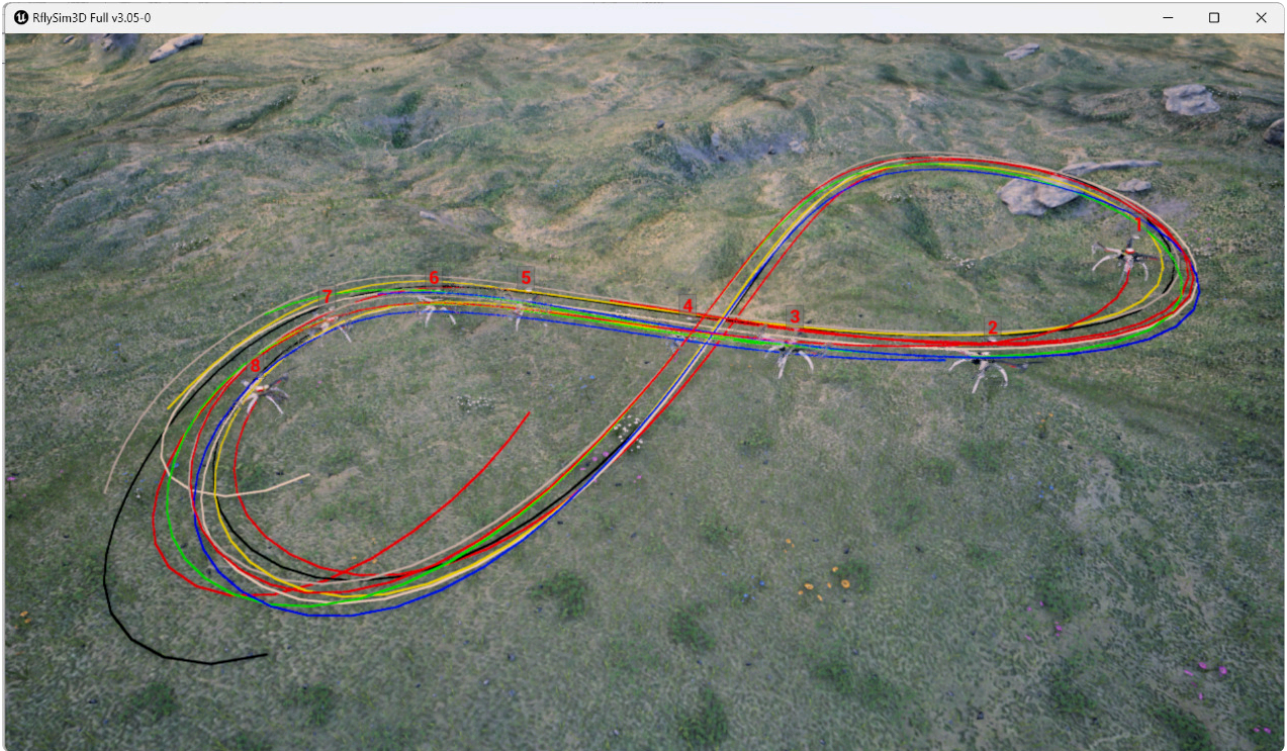


```
C:\PX4PSP\CopterSim\CopterSimNoUI.exe
SIL True Port Connected!
model begin!
Sim Start!
CopterSim: Use UDP ports 16540 17540
CopterSim: UDP connected: 16540
CopterSim: Use TCP ports 4560
CopterSim: Awaiting PX4 SITL to connect to TCP port 4560
HIL QGC Port Connected!
CopterSim: UDP connected for QGC: 18570
SIL Port Connected!
Sim Start end!
Start func End.
CopterSim: TCP connected for SITL: "[127.0.0.1:-7684]:connected successfully"
0
# 1 : Init MAVLink
PX4: Awaiting GPS/EKF fixed for Position control...
PX4 Version char: "PX4: Found firmware version: 1.13.2dev"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
# 1 : "Enter Altitude Mode"
# 1 : [logger] ./log/2024-12-25/09_55_35.ulg
# 1 : Failsafe mode activated
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 401" "UNSUPPORTED"
PX4: EKF2 Estimator start initializing...
# 1 : Failsafe mode deactivated
# 1 : "Enter Position Mode"
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialized.
```

(2) 使用MATLAB打开UAV8Swarm3D.slx，并且点击运行。



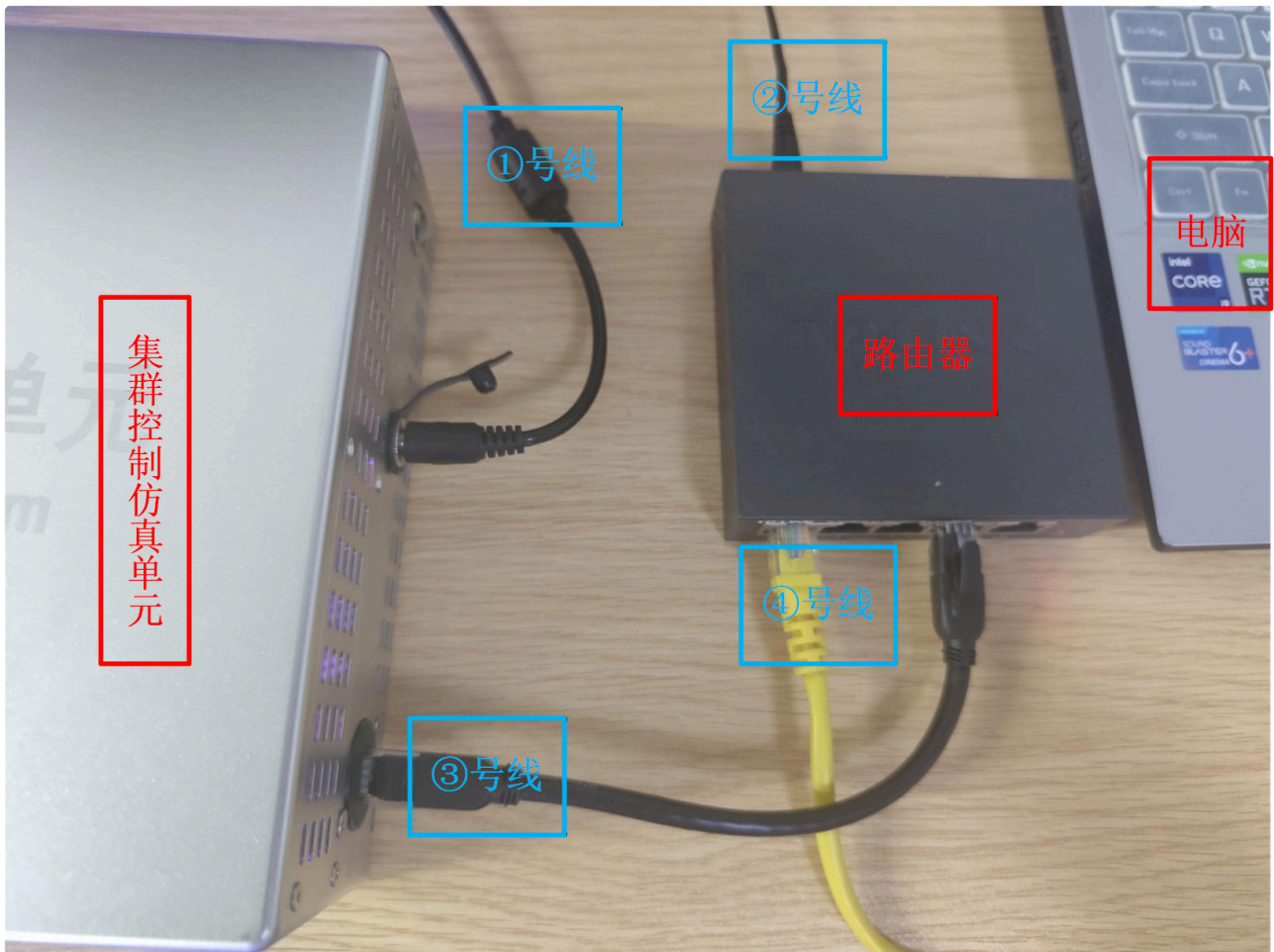
(3) 查看RflySim 3D软件，查看实验效果。



4.2 步骤2：硬件在环仿真单元实验步骤（网口模式）

(1) 根据下图进行连接，并配置相同网段。

- ① 号线：集群控制仿真单元电源线。
- ② 号线：路由器电源线。
- ③ 号线：网线（路由器与集群控制仿真单元）。
- ④ 号线：网线（与电脑连接）。



(2) 双击打开 [HITLRunUdpSimple_net.bat](#)，将会启动1个QGC地面站、8个CopterSimNoUI软件和1个RflySim3D软件，等待CopterSimNoUI软件的CMD窗口打印出GPS 3D fixed & EKF initialization finished字样代表初始化完成。

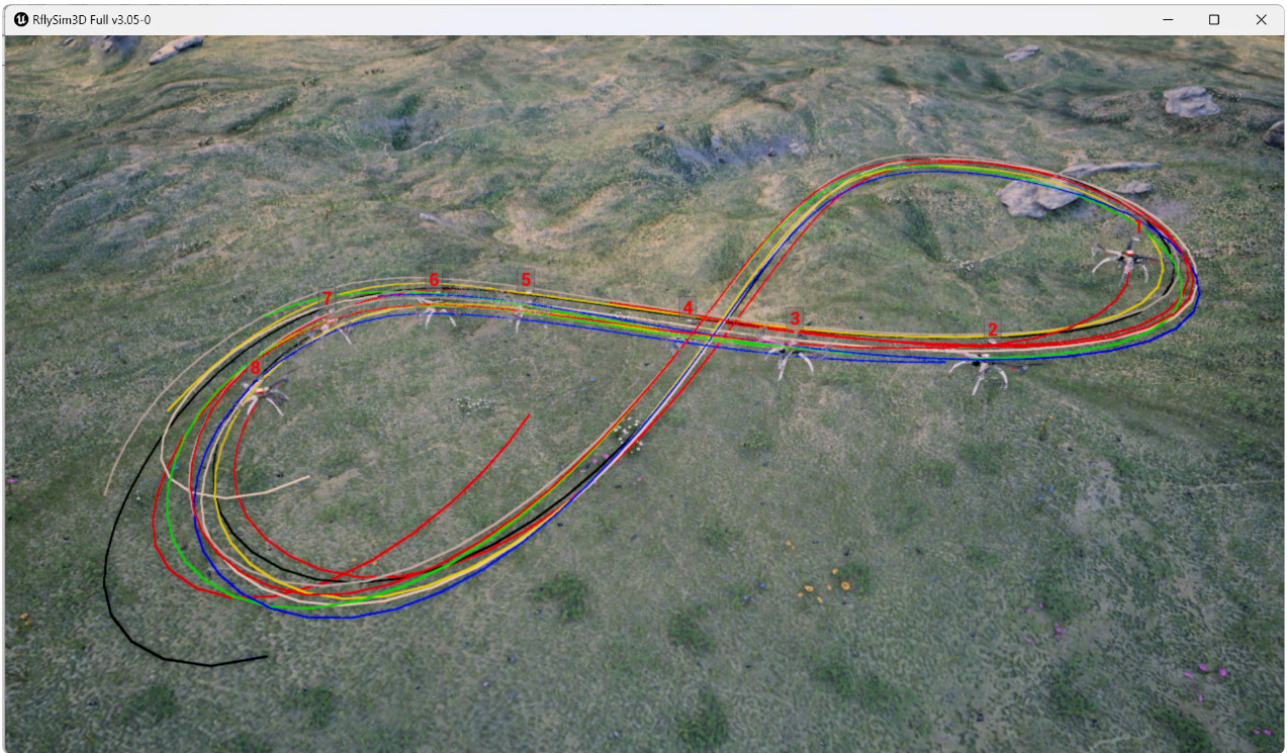
```

C:\PX4PSP\CopterSim\CopterSimNoUI.exe
SITL True Port Connected!
model begin!
Sim Start!
CopterSim: Use UDP ports 16540 17540
CopterSim: UDP connected: 16540
CopterSim: Use TCP ports 4560
CopterSim: Awaiting PX4 SITL to connect to TCP port 4560
HIL QGC Port Connected!
CopterSim: UDP connected for QGC: 18570
SITL Port Connected!
Sim Start end!
Start func End.
CopterSim: TCP connected for SITL: "[127.0.0.1:-7684]:connected successfully"
0
# 1 : Init MAVLink
PX4: Awaiting GPS/EKF fixed for Position control...
PX4 Version char: "PX4: Found firmware version: 1.13.2dev"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
# 1 : "Enter Altitude Mode"
# 1 : [logger] ./log/2024-12-25/09_55_35.ulg
# 1 : Failsafe mode activated
PX4: Command "ID: 512" "ACCEPTED"
PX4: Command "ID: 401" "UNSUPPORTED"
PX4: EKF2 Estimator start initializing...
# 1 : Failsafe mode deactivated
# 1 : "Enter Position Mode"
PX4: GPS 3D fixed & EKF initialized.
  
```

(3) 使用MATLAB打开UAV8Swarm3D.slx，并且点击运行。



(4) 查看RflySim 3D软件，查看实验效果。



5. 关键知识点

关键知识点1：多无人机编队控制算法

本实验基于对无人机编队控制算法的深入研究，该算法通过RflyUdpFast模块实现数据传输，结合MATLAB/Simulink的建模和仿真功能，对无人机进行精确控制。在编队飞行中，每架无人机根据特定的控制规则和相对位置调整自身运动轨迹，以达到协调的8字形编队飞行效果。

6. 参考资料

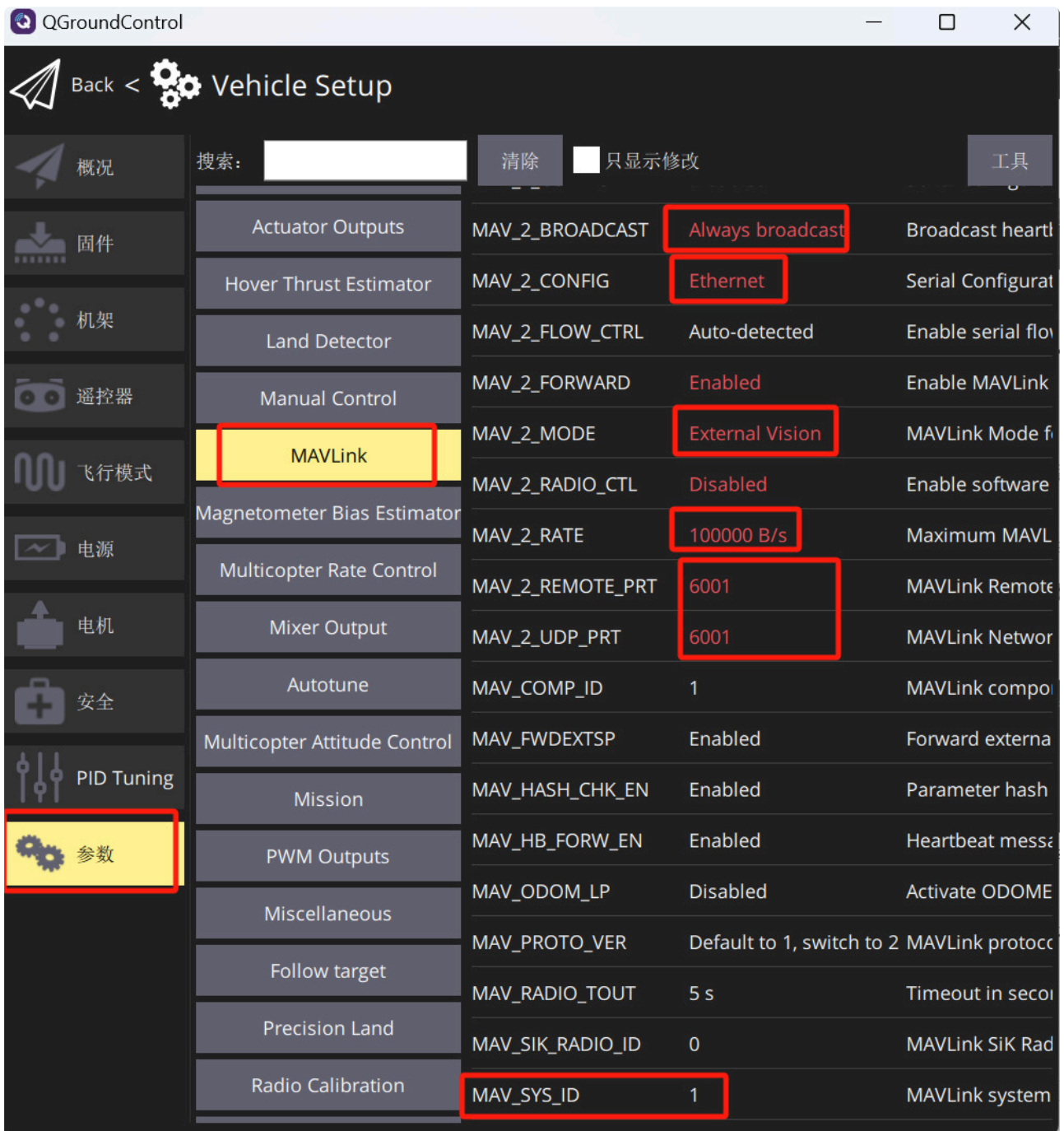
1. RflySim: 如何快速将集群仿真算法部署到室内真机集群平台上，本视频观看地址：优酷：https://v.youku.com/v_show/id_XNDcwNjA4NDU2OA==.html
YouTube：<https://youtu.be/sLIatdHL6FY>
B站：<https://www.bilibili.com/video/BV13a411i7sH?p=12>
2. RflySim官方文档

7. 常见问题

Q1: 飞控配置确认(出厂默认)

A1: 如出现飞控无法正常工作或连接的情况，请按照一下流程进行检查。飞控USB线连接到电脑上，并开启QGroundControl，确认以下参数是否正确配置。

1) 进入Vehicle Setup (载具设置) - 参数 (Parameters) - MAVLink页面;



QGroundControl

Back < Vehicle Setup

概况 搜索: 只显示修改

MAV_2_BROADCAST	Always broadcast	Broadcast heartbeats on local network for MAVLink instance 2
MAV_2_CONFIG	Ethernet	Serial Configuration for MAVLink (instance 2)
MAV_2_FORWARD	Enabled	Enable MAVLink Message forwarding for instance 2
MAV_2_MODE	External Vision	MAVLink Mode for instance 2
MAV_2_RADIO_CTL	Disabled	Enable software throttling of mavlink on instance 2
MAV_2_RATE	100000 B/s	Maximum MAVLink sending rate for instance 2
MAV_2_REMOTE_PRT	6002	MAVLink Remote Port for instance 2
MAV_2_UDP_PRT	6002	MAVLink Network Port for instance 2
MAV_SYS_ID	2	MAVLink system ID
MAV_TYPE	Quadrotor	MAVLink airframe type

固件 机架 遥控器 飞行模式 电源 电机 安全 PID Tuning 参数

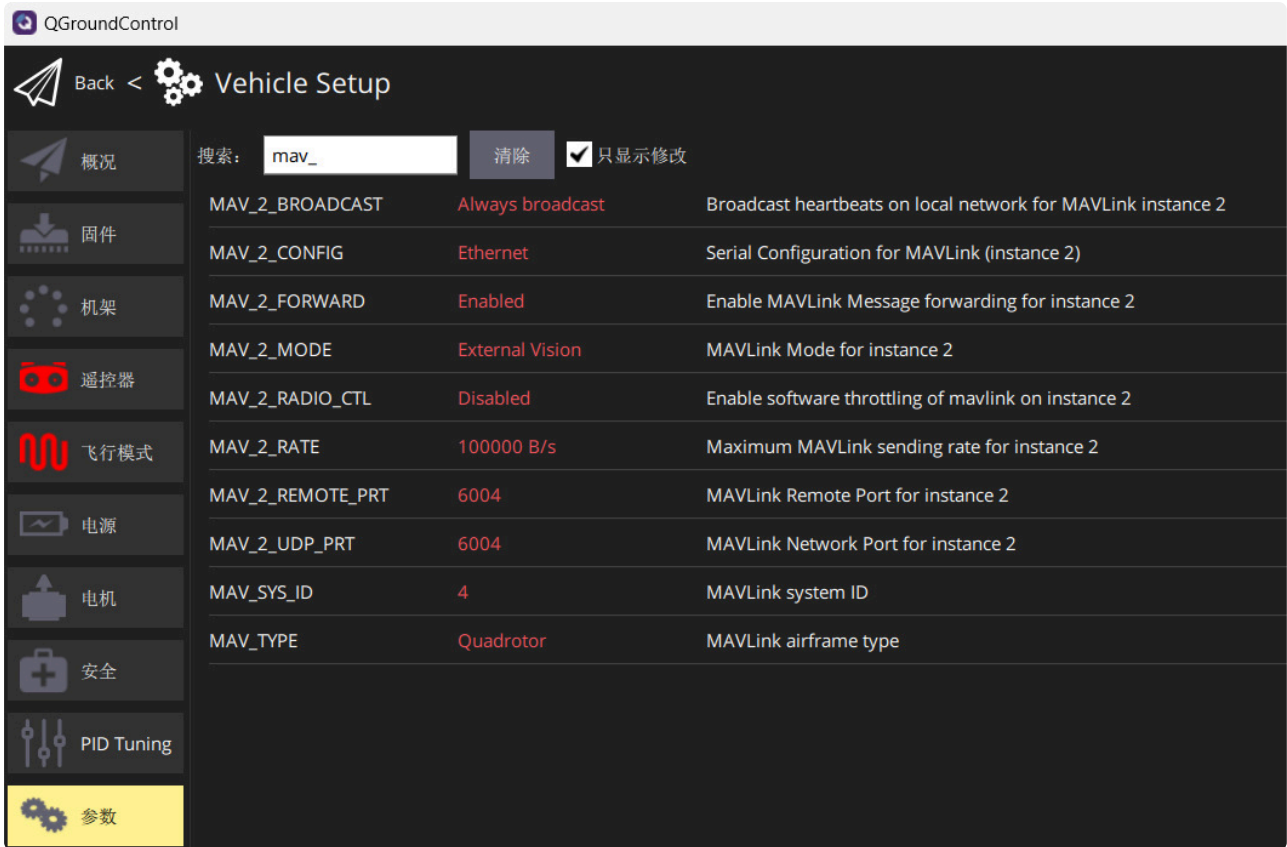
QGroundControl

Back < Vehicle Setup

概况 搜索: 只显示修改

MAV_2_BROADCAST	Always broadcast	Broadcast heartbeats on local network for MAVLink instance 2
MAV_2_CONFIG	Ethernet	Serial Configuration for MAVLink (instance 2)
MAV_2_FORWARD	Enabled	Enable MAVLink Message forwarding for instance 2
MAV_2_MODE	External Vision	MAVLink Mode for instance 2
MAV_2_RADIO_CTL	Disabled	Enable software throttling of mavlink on instance 2
MAV_2_RATE	100000 B/s	Maximum MAVLink sending rate for instance 2
MAV_2_REMOTE_PRT	6003	MAVLink Remote Port for instance 2
MAV_2_UDP_PRT	6003	MAVLink Network Port for instance 2
MAV_SYS_ID	3	MAVLink system ID
MAV_TYPE	Quadrotor	MAVLink airframe type

固件 机架 遥控器 飞行模式 电源 电机 安全 PID Tuning 参数

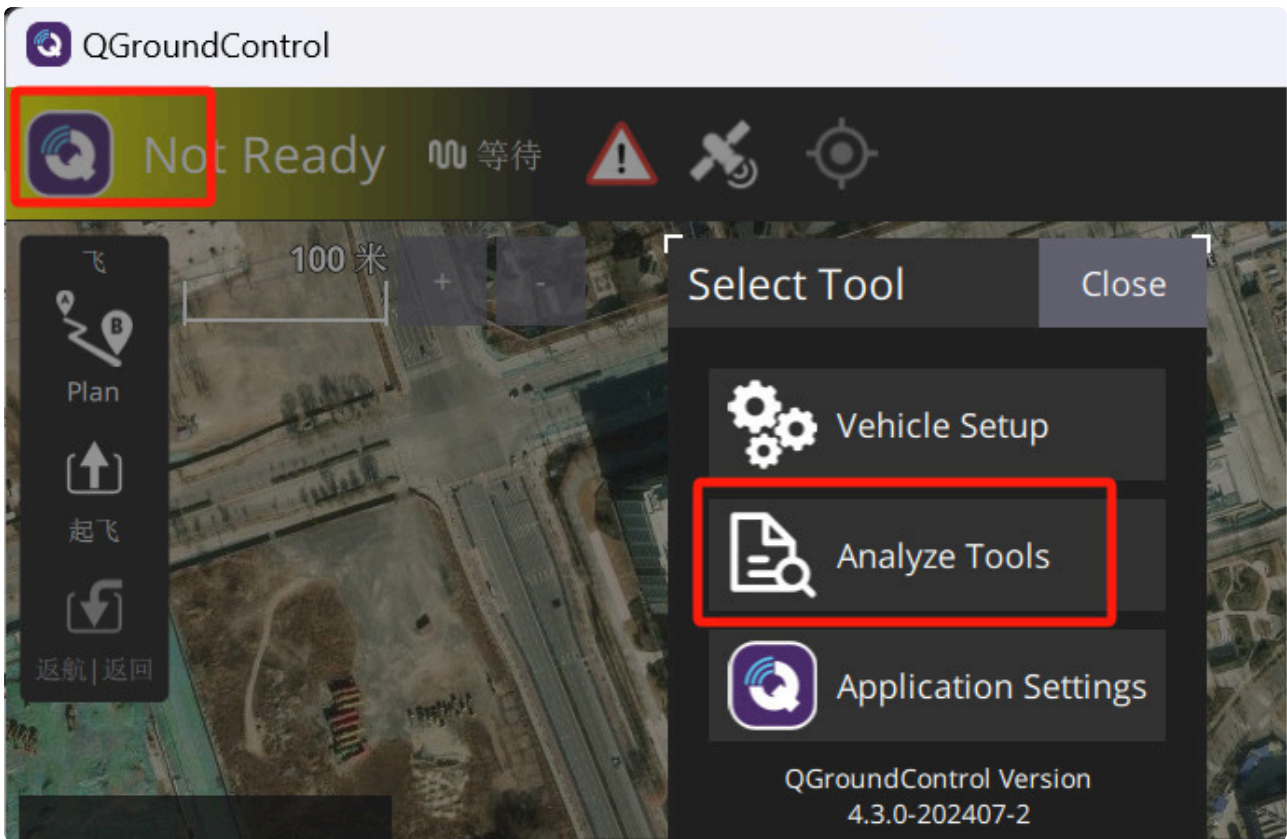


(1) 确认MAV_SYS_ID的设定值，应该与飞控的外观标签一致。注：上图设定为1号飞控，如果有多个飞控，则要分开设定本值。

(2) MAV_2_REMOTE_PRT和MAV_2_UDP_PRT分别为飞控MAVLink数据的UDP收发端口，需要设定为6000+MAV_SYS_ID的数值。1号飞控是6001，如果是2号飞控就是6002。

其他选项请严格按照图中设定，包括广播数据，传输传输模式等

2) 进入"Analyze Tools"（分析工具）页面 – MAVLink控制台；



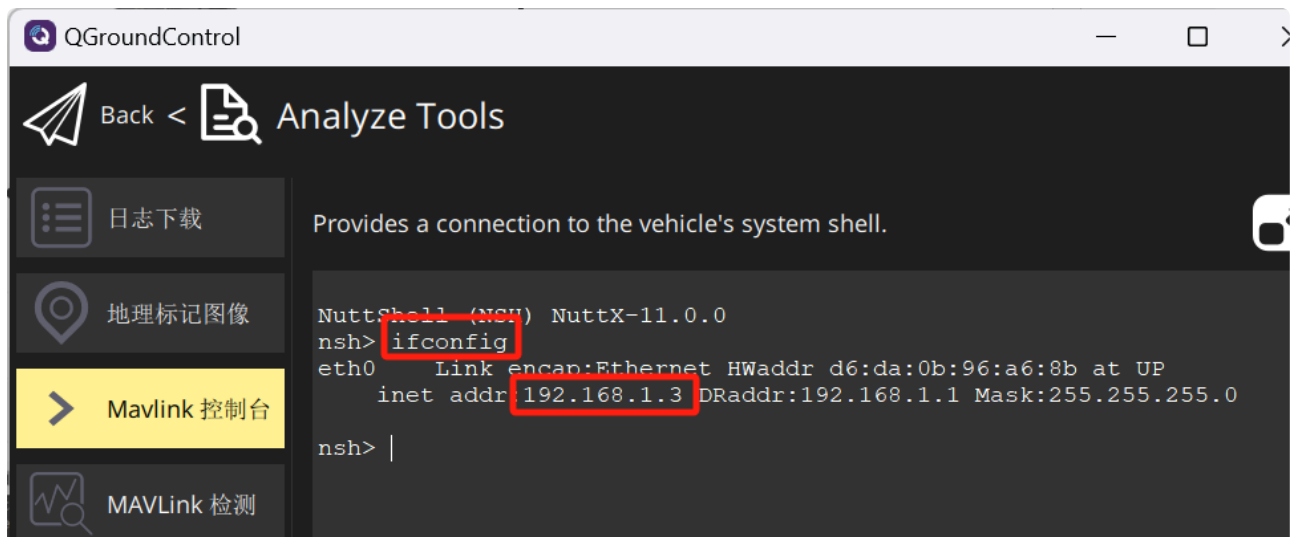
在控制台输入netman show，确认BOOTPROTO是否为dhcp；



注：如果不是dhcp的话，请输入如下命令，并重新插拔飞控。

```
echo BOOTPROTO=dhcp >> /fs/microsd/net.cfg
```

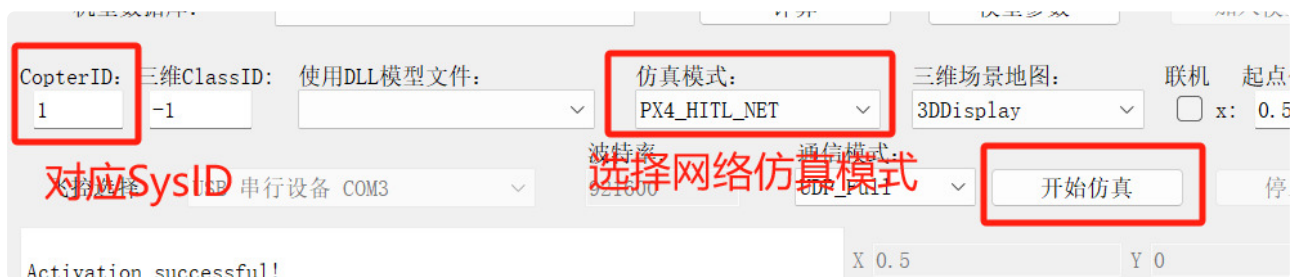
在控制台输入ifconfig，确认是否正确分配到IP地址。



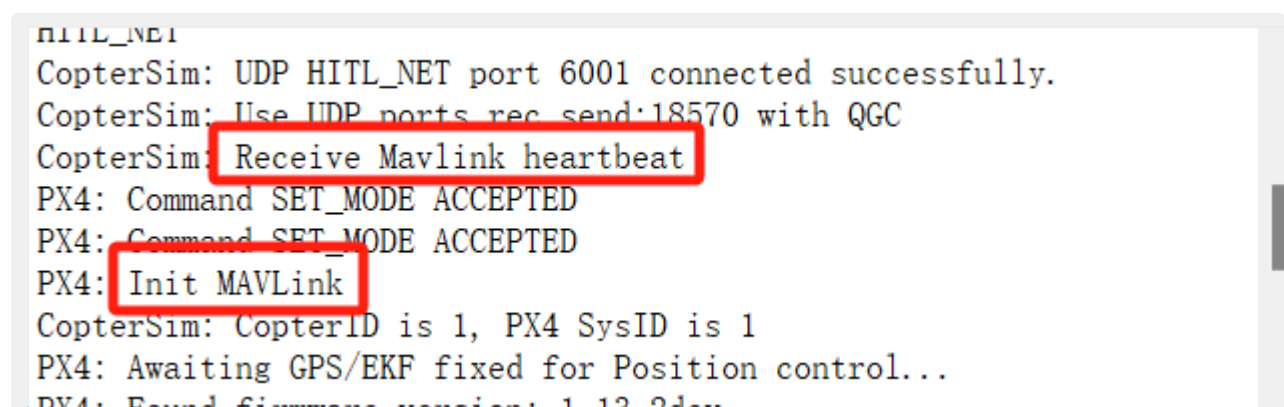
注意：如果inet addr显示的地址不是0.0.0.0，说明正确分配了IP地址。

3) 打开CopterSim确认通信。

将CopterID修改到与飞控SYS_ID相同，然后在仿真模式中选择"PX4_HITL_NET"网络仿真模式，再点"开始仿真按钮"；



如果左下角消息框提示"Receive Mavlink heartbeat"，说明收到了网络心跳包，能够开始正常的飞控网络硬件在环仿真。



注：如果无法连接飞控，请尝试用ping指令，测试连接飞控的IP地址。如果能ping通，可能是飞控端口配置问题；如果不能ping通，可能是电脑系统防火墙的问题。

注：飞思集群仿真单元的配置方式完全相同，需要根据说明书找到各个的网口和USB口。

Q2: 如何解决QGroundControl中MAVLink端口配置问题?

A2: 当遇到QGroundControl中MAVLink端口配置问题时, 应检查以下几点:

- (1) 确认MAV_SYS_ID的设定值, 应该与飞控的外观标签一致。
- (2) MAV_2_REMOTE_PRT和MAV_2_UDP_PRT分别为飞控MAVLink数据的UDP收发端口, 需要设定为6000+MAV_SYS_ID的数值。例如1号飞控是6001, 2号飞控是6002。
- (3) 确保所有相关参数严格按照指导文档设定, 包括广播数据, 传输模式等。

Q3: 如何确认网络连接是否正常?

A3: 确认网络连接是否正常可以通过以下方法:

- (1) 在MAVLink控制台输入"netman show"命令, 确认BOOTPROTO是否为dhcp;
- (2) 如果不是dhcp, 请输入命令"echo BOOTPROTO=dhcp >> /fs/microsd/net.cfg", 然后重新插拔飞控;
- (3) 在控制台输入"ifconfig", 确认是否正确分配到IP地址。如果inet addr显示的地址不是0.0.0.0, 说明正确分配了IP地址;
- (4) 如果无法连接飞控, 可用ping指令测试连接飞控的IP地址。如果能ping通, 可能是飞控端口配置问题; 如果不能ping通, 可能是电脑系统防火墙的问题。

1. <https://rflysim.com/> ↩

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