

大模型指令控制软件在环实验

1. 实验目的

通过将大语言模型与 PX4 飞控软件在环仿真环境集成，验证自然语言指令解析、标准化控制命令生成以及 UDP 航点协议下发的完整闭环控制流程，实现用中文指令直接控制无人机起飞、飞行与降落，并为后续扩展至实飞控制奠定基础。

2. 实验要求

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

3. 实验地址

例程路径：

[安装目录]\RflySimAPIs\6.RflySimExtCtrl\3.CustExps\e1.LLM_CtrlUAVExps\1.CommandCtrlUAVSim

- [RflyUdpMavlinkRealSim.bat](#)：启动 PX4 飞控在环仿真的批处理文件
- [LLM_UAV_init.m](#)：MATLAB 脚本，进行 UDP 连接、uORB 话题订阅及参数初始化
- [LLM_UAV.slx](#)：Simulink 模型，发送飞行指令并接收姿态反馈
- [ServerFile/Main_OpenAI_api.py](#)：大模型服务端程序，调用 OpenAI API 并输出标准化控制命令
- [ServerFile/Python38Run.bat](#)：Python 3.8 环境运行批处理文件，用于启动大模型服务端
- [ServerFile/](#)：存放大模型服务端相关文件
- [assets/](#)：存放实验相关图片资源

4. 实验内容或步骤

本实验将大语言模型与 PX4 飞控软件在环仿真环境集成，实现用中文指令直接控制无人机起飞、飞行与降落。实验涉及配置层 → LLM 解析层 → 控制执行层三个层次，通过自然语言 → 控制三元组 → UDP 航点控制的流程，实现端到端的闭环控制。

4.1 步骤1: 获取大语言模型接口 API 密钥

本实验需要配置用于调用指定大模型 API 的密钥 (API Key)。下面以第三方聚合平台「火山引擎」为例, 说明模型 API 调用的具体配置步骤。

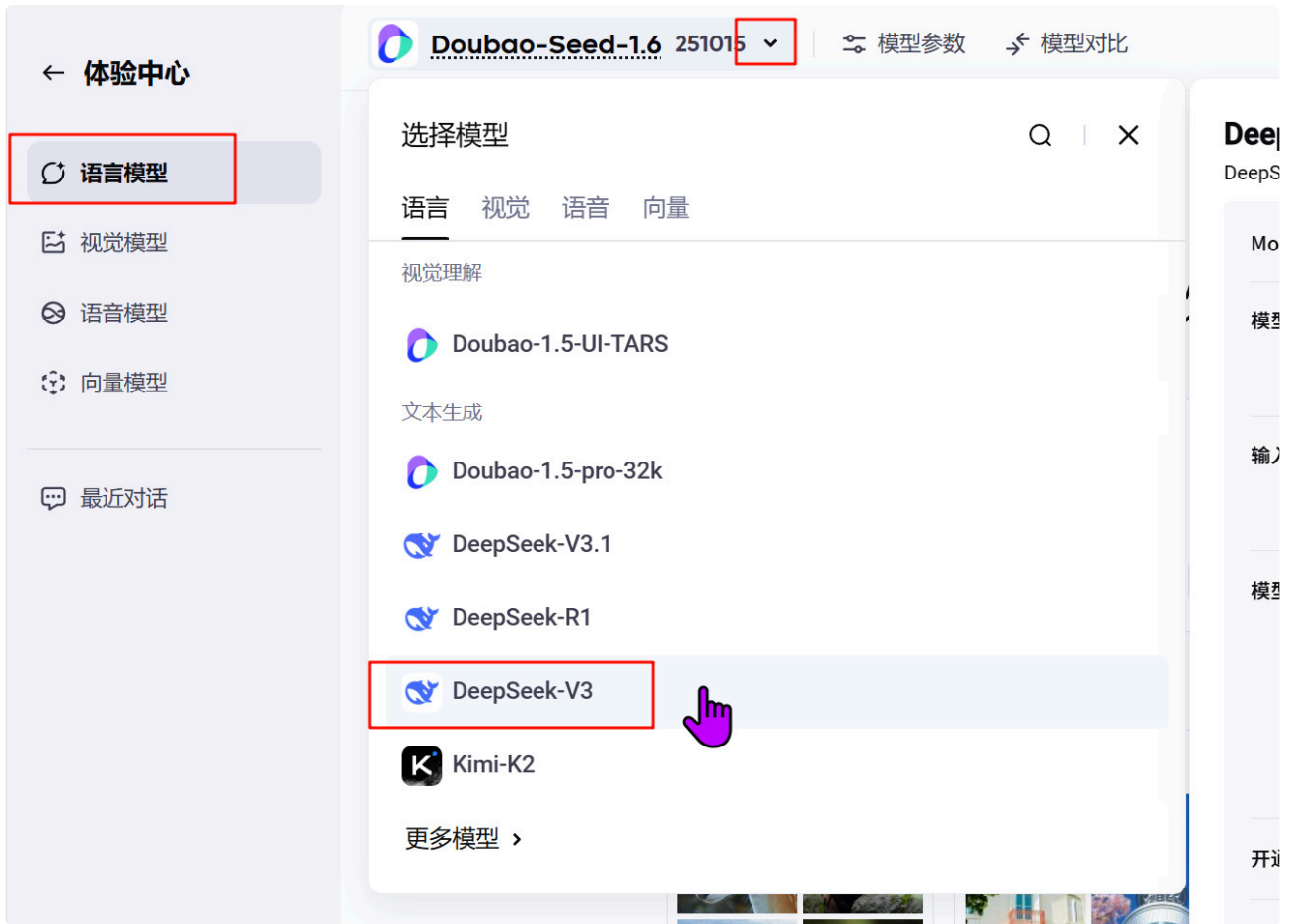
进入火山模型官网 <https://www.volcengine.com>, 在顶部工具栏的「大模型」菜单中点击「豆包大模型」, 并使用个人账号登录。



在左侧导航栏中点击「体验中心」。



在左侧选择「语言模型」, 在上方模型下拉框中将模型切换为 DeepSeek-V3。



在右侧点击「API 接入」。



在弹出的对话框中，按照页面指引依次完成 API Key 获取和接入测试。若未显示可用的 API Key，请先手动创建一个新的 Key，并将生成的 API Key 记录下来，供后续步骤使用。

快捷 API 接入



STEP 1 获取 API KEY

API Key 是访问火山方舟大模型服务的重要凭证，长期有效。请妥善保管并定期更换密钥，避免公开共享，以防安全风险和资金损失

名称	API Key	创建人	
api-key-20251016154910	*****	2103691329	选择使用
api-key-20251016154633	*****	2103691329	选择使用
api-key-20251016144903	*****	2103691329	选择使用

[+ 创建 API Key](#)

STEP 2 快速接入测试

STEP 3 创建应用 可选

在接入测试中，需要切换到 DeepSeek-V3 模型并完成开通，示例代码类型选择「OpenAI SDK 调用示例」。请记录页面中展示的 `curl` 命令和 `model` 参数值，后续实验将会用到这两个信息。

STEP 1 获取 API KEY

STEP 2 快速接入测试

选择开通的模型后将为您自动填充信息到代码示例中，您可一键复制进行调用，快速接入预置推理服务

- 选择模型并开通 (已开通)

DeepSeek-V3 | 250324

- 复制示例代码

完整调用指

Rest API 调用示例 **OpenAI SDK 调用示例** 火山引擎 SDK 调用示例

Python

```
# 初始化OpenAI客户端，从环境变量中读取您的API Key
client = OpenAI(
    # 此为默认路径，您可根据业务所在地域进行配置
    base_url="https://ark.cn-beijing.volces.com/api/v3",
    # 从环境变量中获取您的 API Key
    api_key=os.environ.get("ARK_API_KEY"),
)

# Non-streaming:
print("----- standard request -----")
completion = client.chat.completions.create(
    # 指定您创建的方舟推理接入点 ID，此处已帮您修改为您的推理接入点 ID
    model="deepseek-v3-250324", # 模型ID已自动填入
    messages=[
        {"role": "system", "content": "你是人工智能助手"},
        {"role": "user", "content": "你好"},
    ],
)
print(completion.choices[0].message.content)

# Streaming:
print("----- streaming request -----")
```

复制该示例代码到您的开发环境即可直接运行测试

复制该示例代码到您的开发环境即可直接运行测试

4.2 步骤2：API 调用接口配置

本实验需要将上述密钥及相关配置写入 `\文档\0gre\.env` 文件。该文件的配置说明可参考实验

`[RflySim 安装目录]\RflySimAPIs\6.RflySimExtCtrl\0.ApiExps\e20.LLMUsage\1.CloudAPIInvocation`

。

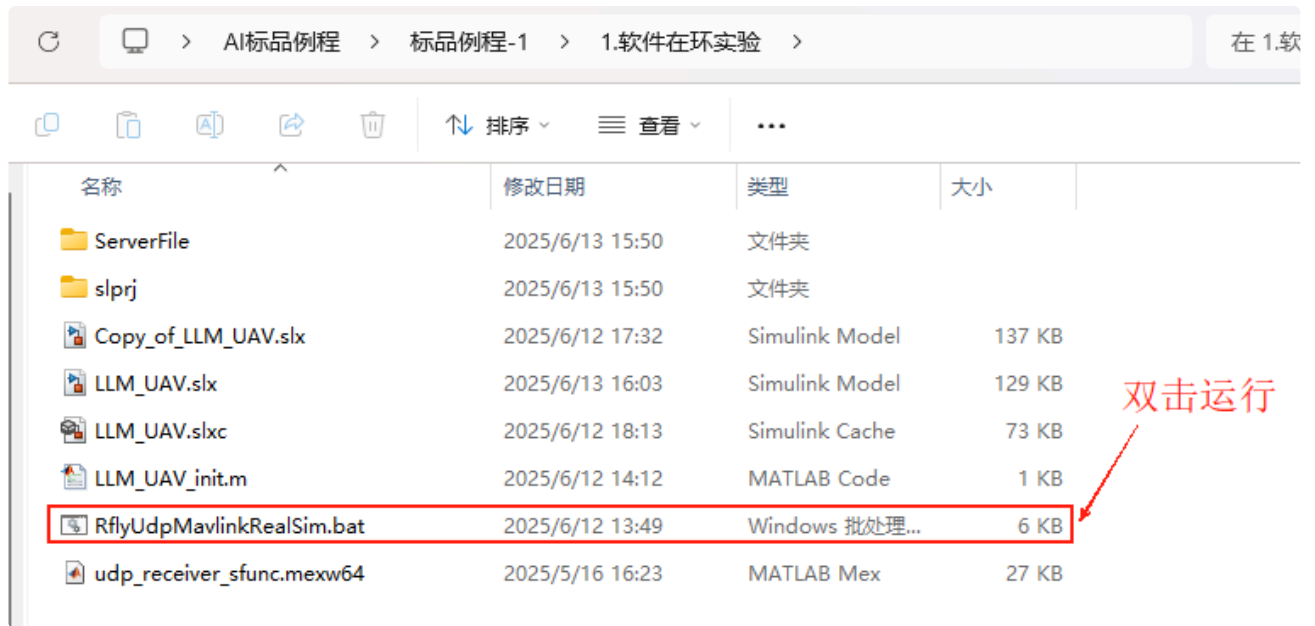
打开 `\文档\0gre\.env`，按下列格式依次创建变量，并填入上一步中记录的对应数值：

```
1 | VOLC_API_KEY=45f6ff5***** # 上一步记录的 API Key
2 | VOLC_NAME=deepseek-v3-250324 # 上一步记录的 model 值
3 | VOLC_PROVIDER=volcengine # 当前暂未使用，可按示例填写
4 | VOLC_ENDPOINT=https://ark.cn-beijing.volces.com/api/v3/chat/completions # 上一步记录的 curl 中的接口地址
```

变量配置完成后，保存并关闭该文件。

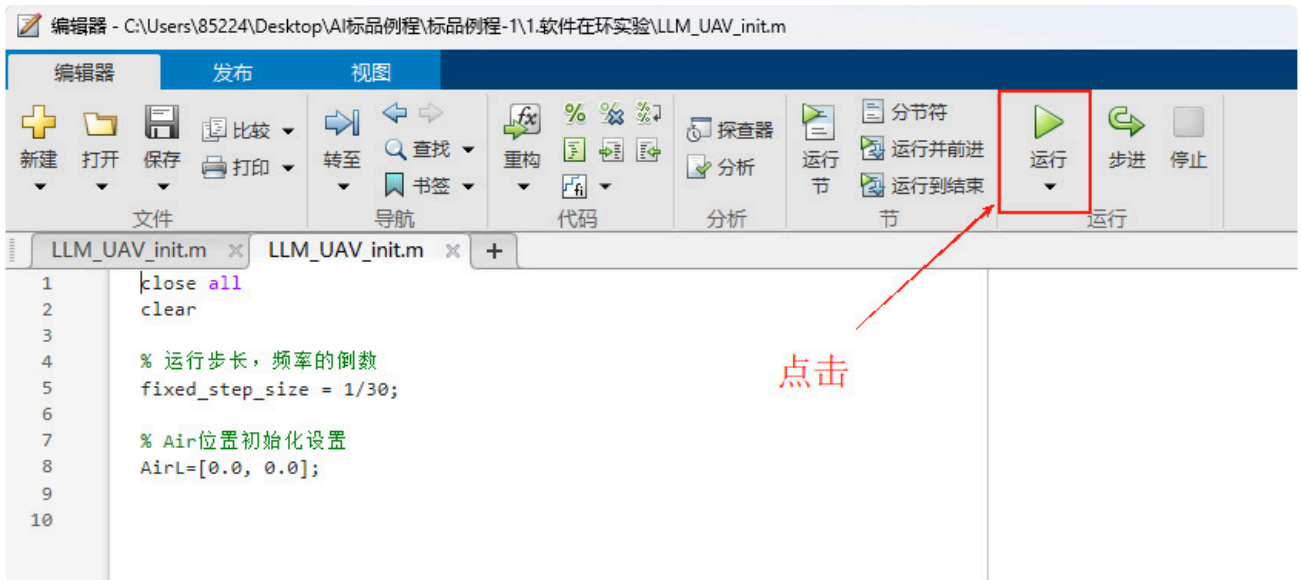
4.3 步骤3：启动飞控软件在环仿真

在本实验所在的文件夹中，双击运行批处理文件 `RflyUdpMavlinkRealSim.bat`，启动 PX4 飞控软件在环仿真环境。

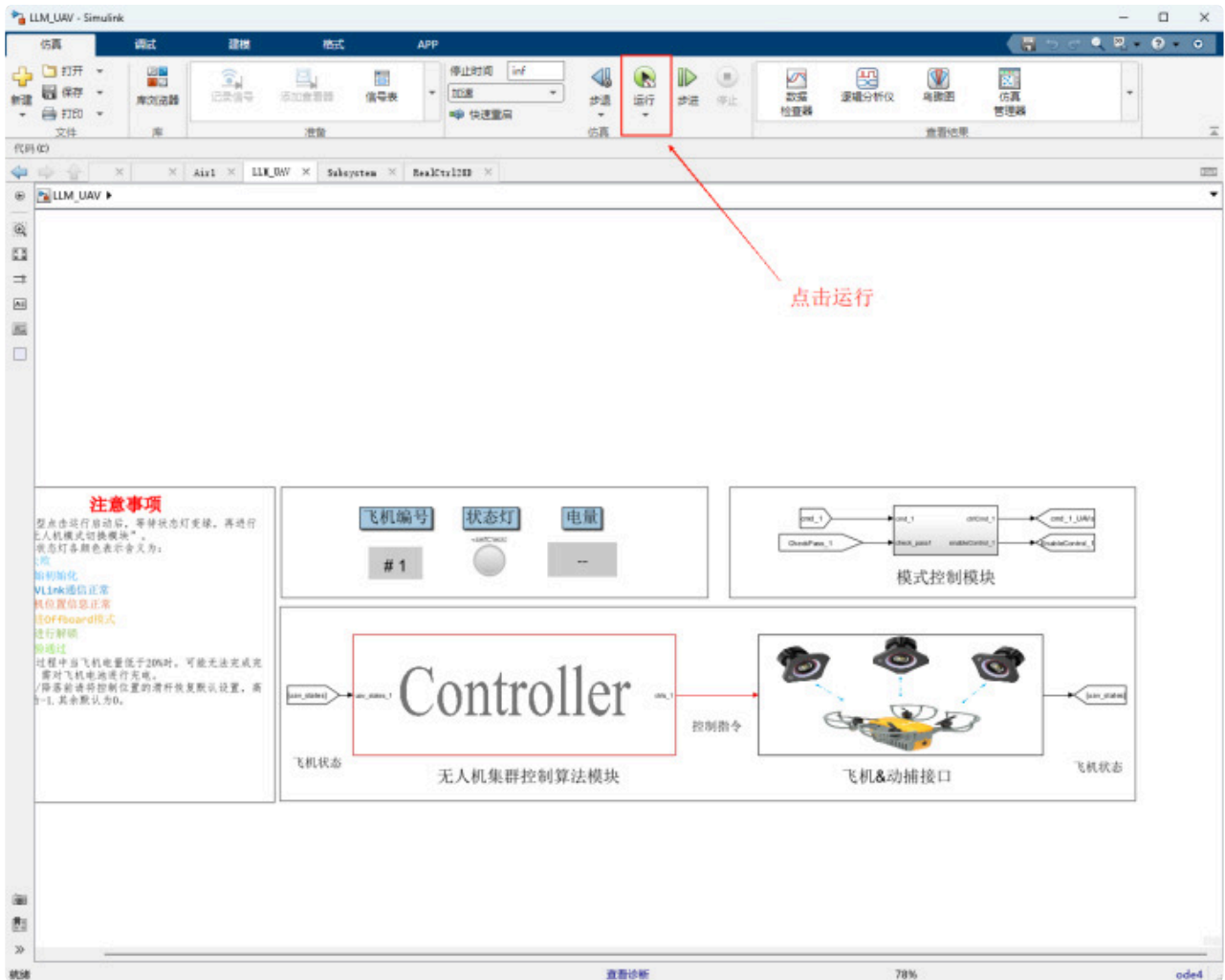


4.4 步骤4：运行外部控制程序

在同一文件夹下，打开 `LLM_UAV_init.m` 文件，在 MATLAB 中运行该脚本以完成 UDP 连接和相关参数初始化。



随后，在同一文件夹下打开 `LLM_UAV.slx` 模型文件，在 MATLAB/Simulink 中点击「运行」，启动模型执行。



4.5 步骤5：启动大模型服务端并发送指令

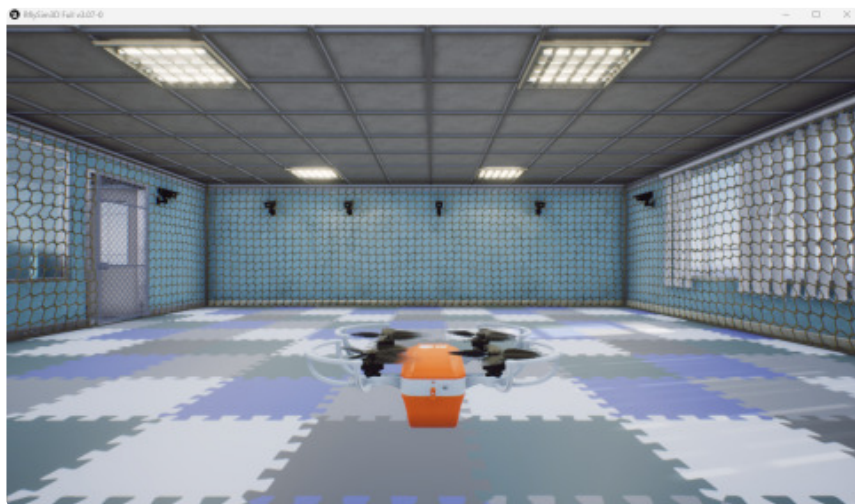
使用已配置好 Python 环境的 Visual Studio Code 打开 `\ServerFile\Main_OpenAI_api.py` 程序，并运行该脚本以启动大模型服务端。

```
1 # ChatGpt交互模式控制类
2 ...
3 注意: 本代码采用无人机的NED坐标系, 室内动捕系统环境下飞行时, 定义N向为动捕系统的X轴
4 ...
5 ...
6 import os
7 import ast
8 import time
9 import openai
10 # from Comm_UDP import UDPSendRece
11 from datetime import datetime, timezone
```

随后在终端中输入自然语言指令，程序会自动解析语义并选择对应的控制模式。例如：

- 输入：**一键起飞**。程序将依次启动 Offboard 模式、解锁模式和起飞模式，最终完成飞机解锁并起飞升空。
- 输入：**向左飞行 1 米**。程序将调用 `Left_Right_Fly` 模式，使飞机按要求向左飞行 1 米。
- 输入：**降落**。程序将启动 `Land_mode` 模式，控制飞机降落至地面。
- 输入：**锁定**。程序将启动 `Lock_mode` 模式，使飞机电机停止转动。
- 输入：**解锁**。程序将启动 `UnLock_mode` 模式，使飞机电机解锁。

```
PS C:\Users\85224> & C:/PX4PSP/py310_clean/python.exe c:/Users/85224/Desktop/AI标品例程/标品例程-1/1.软件在环实验/ServerFile/Main_OpenAI_api.py
File "c:\Users\85224\Desktop\AI标品例程\标品例程-1\1.软件在环实验\ServerFile\Main_OpenAI_api.py", line 13
    import socket
    ^
SyntaxError: invalid syntax
PS C:\Users\85224> & C:/PX4PSP/py310_clean/python.exe c:/Users/85224/Desktop/AI标品例程/标品例程-1/1.软件在环实验/ServerFile/Main_OpenAI_api.py
LL多轮交互控制已启动, 输入exit或quit则退出控制程序
请输入你的控制指令: 一键起飞
```



5. 关键知识点

5.1 关键知识点1：自然语言处理与大模型指令解析

内容：将开放的自然语言空间收缩为严格的三元组协议，使大模型能够输出格式为 ["模式名称", 运行距离, 无人机编号] 的结构化控制指令。

5.2 关键知识点2: 兼容 OpenAI 协议的第三方大模型 API 调用

内容: 基于 base_url、模型名与 API Key 映射的方式, 将火山引擎等第三方平台的模型统一抽象为 OpenAI 风格的聊天模型。

5.3 关键知识点3: Python 环境变量与 .env 配置管理

内容: 使用 python-dotenv 读取配置文件, 并通过环境变量重映射将不同平台的参数统一为 OpenAI SDK 可识别的格式。

5.4 关键知识点4: 基于 OpenAI 风格接口的 Chat Completion 调用与安全解析

内容: 使用 ast.literal_eval 对模型返回的字符串进行安全解析, 避免执行任意代码的风险。

6. 参考资料

1. [RflySim 官方文档](#)
2. [PX4 Developer Guide](#)
3. [MAVLink Protocol Specification](#)
4. [OpenAI API Documentation](#)
5. [Python Struct Module Documentation](#)

7. 常见问题

Q1: 启动仿真环境后, CopterSim 日志栏未显示 "GPS 3D fixed & EKF initialization finished", 导致初始化失败怎么办?

A1: 这通常是由于仿真环境初始化时间较长或某些组件启动失败造成的。解决方案:

- 确保关闭所有相关程序 (QGC、CopterSim、RflySim3D等) 后重新启动批处理文件。
- 检查防火墙或杀毒软件是否阻止了相关程序的网络访问。
- 确认 RflySim 工具链已正确安装且版本兼容。

Q2: 大模型无法正确解析中文指令, 返回错误格式或拒绝响应如何解决?

A2: 这可能是由于模型没有正确接收到系统提示词或 API 配置不正确。解决方案:

- 检查 .env 配置文件中的 API 密钥和端点设置是否正确。
- 确认 Main_OpenAI_api.py 中的 Base_Prompts 系统提示词是否完整。
- 尝试调整提示词中的指令格式示例, 使其更明确。

Q3: 通过 UDP 发送的航点指令无法正确控制无人机，无人机无响应或响应异常应如何处理？

A3: 这可能是由于 UDP 通信故障或协议格式不匹配造成的。解决方案：

- 检查 UDP 端口配置是否正确，确认客户端与服务器端口匹配。
- 验证 struct.pack 打包的数据格式是否符合 MAVLink 协议要求。
- 确认 CRC32 校验值计算正确，且数据包格式与 PX4 接收端一致。
- 查看 QGC 地面站是否能正常接收无人机状态，以判断 PX4 系统是否正常工作。

1. <https://rflysim.com/> ↩

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