

系统辨识实验之基础实验

1. 实验目的

- (1) 了解固定翼无人机制导模型，掌握数据时间配准预处理方法（包括起止时间对齐和采样频率统一），学习 MATLAB 系统辨识工具箱用法。
- (2) 使用速度、航向和高度三个通道采集好的输入输出数据，使用 MATLAB 系统辨识工具箱完成固定翼制导模型的辨识，即式 Gui。

2. 实验要求

- 软件要求：Windows 10及以上版本；RflySim工具链^[1]；MATLAB2022B以上版本。
- 硬件要求：笔记本/台式电脑1台^[2]。

3. 实验地址

例程目录：

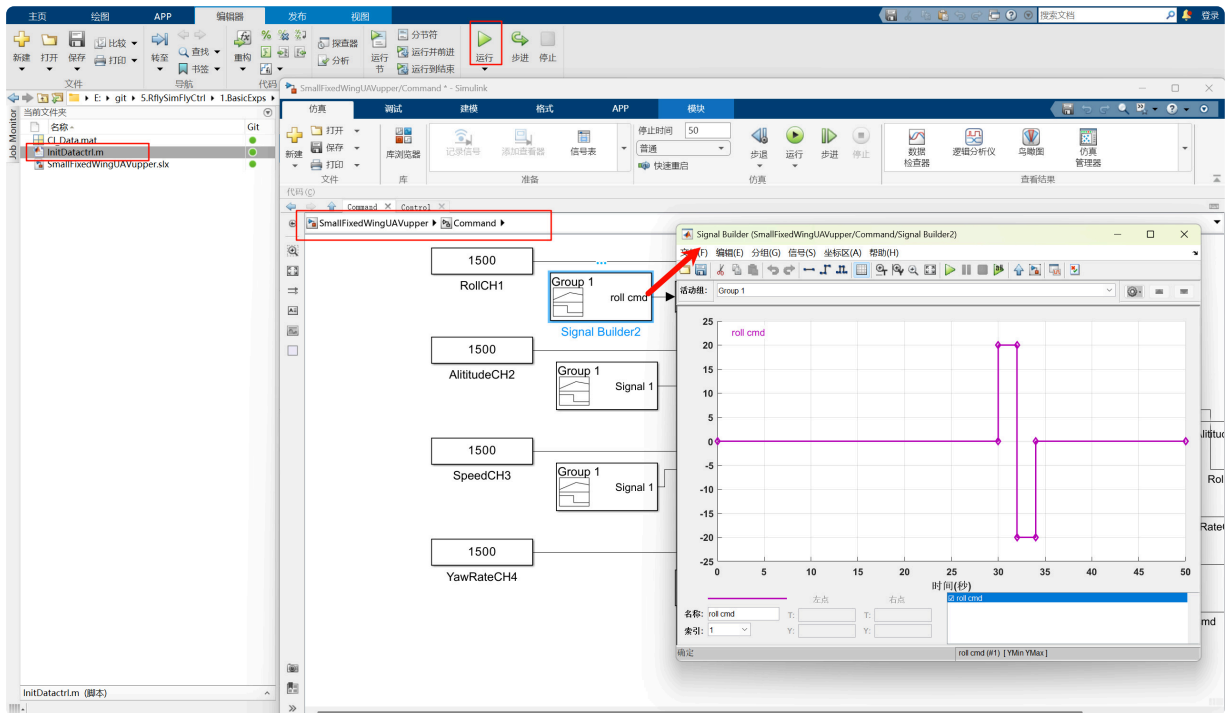
[安装目录]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\e10-FixedWingCtrl\code_5\e3-3

- [InitDatactrl.m](#)：初始化数据控制脚本，用于启动仿真流程和生成辨识数据文件。
- [SmallFixedWingUAVupper.slx](#)：固定翼无人机Simulink模型，用于仿真生成辨识所需的数据。
- [Cl_Data.mat](#)：数据文件，包含前缘角 β 、侧滑角 α 、方向舵偏角 δ_r 、空速 V_1 、滚转速率 ω_x 、横航角速率 ω_y 、偏航角速率 ω_z 、滚转角加速度 ω_x 等变量，用于系统辨识。
- [Cl_DataPreprocess.mlx](#)：数据预处理脚本，用于对原始数据进行滤波去噪、平滑处理等预处理步骤。
- [Cl_Identification.mlx](#)：系统辨识脚本，使用最小二乘法和逐步回归法完成气动参数的辨识。

4. 实验内容或步骤

4.1 步骤1：设置激励信号

1. 使用MATLAB运行 `InitDatactrl.m`，打开 `SmallFixedWingUAVupper.slx` 文件，在 Command 节点下可以看到 Signal Builder (RollChannel) 模块设置滚转通道输入激励。



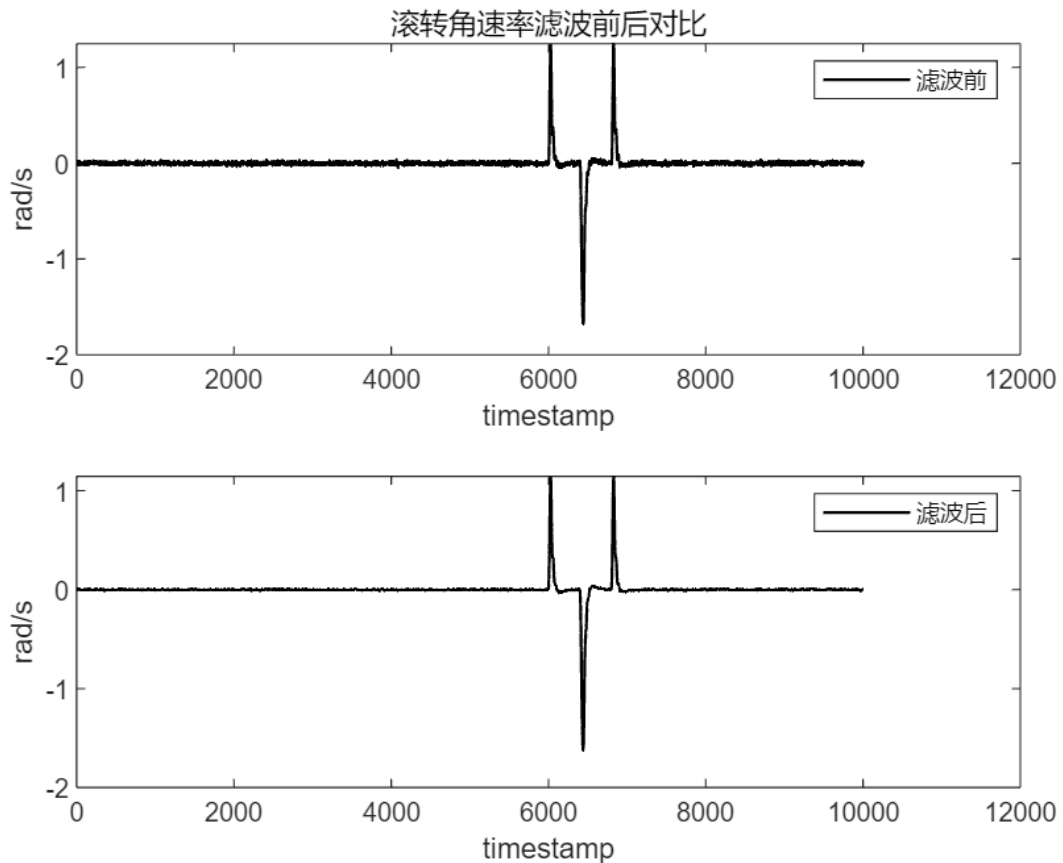
4.2 步骤2：运行 Simulink 软件仿真，完成辨识所需的作动并记录相应数据

1. 使用MATLAB运行 `initDatactrl.m` 脚本，启动仿真流程。
2. 使用MATLAB打开 `SmallFixedWingUAVupper.slx` 模型，并运行，运行完成后自动导出滚转力矩通道辨识所需的数据。
3. 将数据保存为名为 `CL_Data.mat` 的文件，其中包含以下变量：
 - 前缘角 β
 - 侧滑角 α
 - 方向舵偏角 δ_r
 - 空速 V_1
 - 滚转速率 ω_x
 - 横航角速率 ω_y

- 偏航角速率 ω_z
- 滚转角加速度 $\dot{\omega}_x$

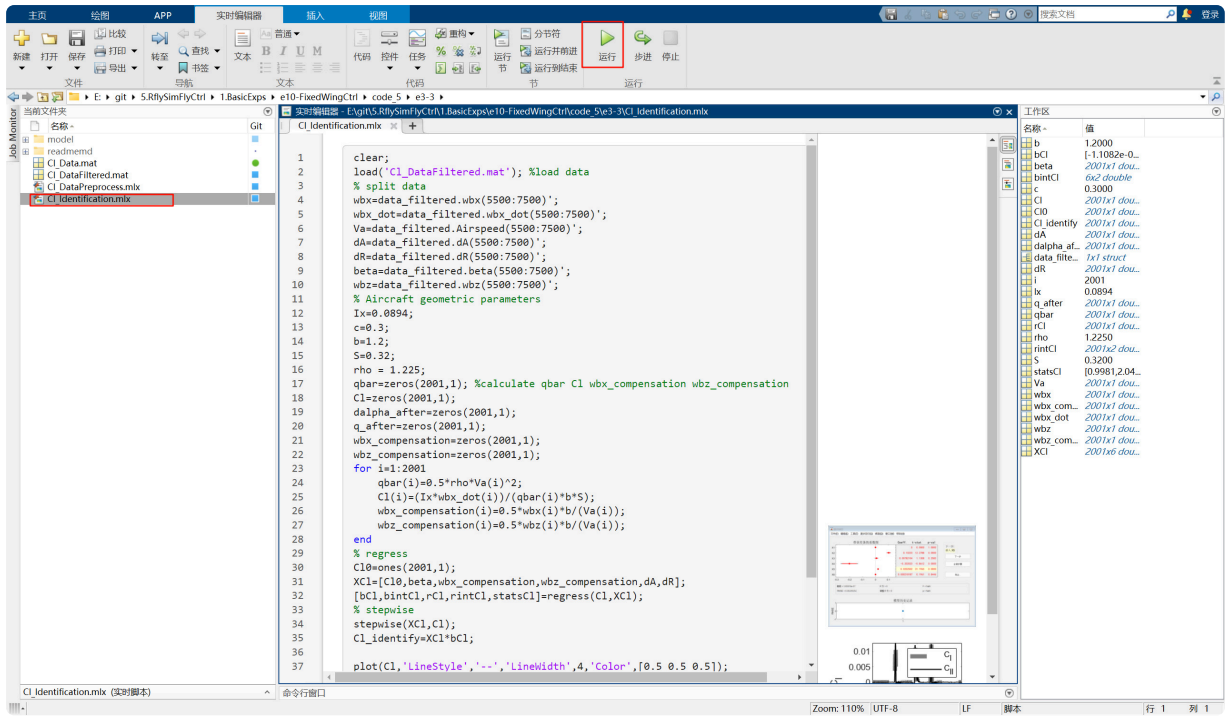
4.3 步骤3：对各状态量数据进行滤波等预处理

1. 使用MATLAB打开打开 [Cl_DataPreprocess.mlx](#), 并运行，加载数据。

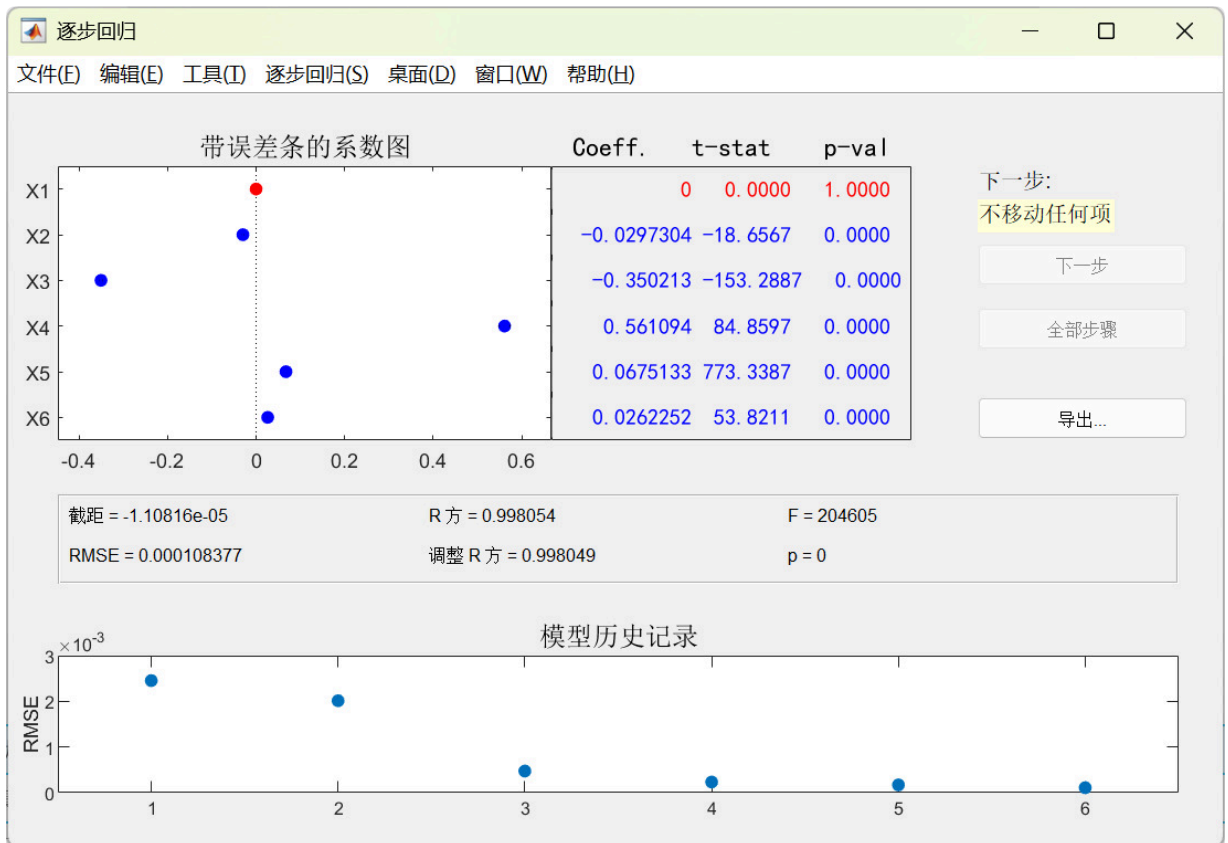


4.4 步骤4：使用最小二乘法和逐步回归法辨识启动参数，并辨识结果

1. 使用MATLAB打开 [Cl_Identification.mlx](#) (Cl_Identification.mlx) 并运行。



2. 滚转力矩通道辨识结果: R^2 达到 0.998, 回归效果较好。辨识出的气动参数与真值进行对比, 辨识结果与真值基本吻合。对比实际的滚转力矩导数和辨识结果拟合出的滚转力矩导数, 二者基本重合, 证明辨识精度较高。



5. 关键知识点

关键知识点1：系统辨识基础理论

系统辨识是通过测量系统的输入输出数据，利用数学建模方法建立系统数学模型的过程。在本实验中，我们使用MATLAB系统辨识工具箱对固定翼无人机的滚转力矩通道进行建模，以准确描述系统的动态特性。

关键知识点2：数据预处理方法

在进行系统辨识前，需要对采集到的原始数据进行预处理，包括滤波去噪、平滑处理等步骤。这一过程对于提高模型精度至关重要，可以有效去除测量噪声对辨识结果的影响。在实验中，使用 `Cl_DataPreprocess.mlx` 脚本完成数据预处理工作。

关键知识点3：最小二乘法参数估计

最小二乘法是一种常用的参数估计方法，通过最小化误差的平方和来寻找数据的最佳函数匹配。在本实验中，使用最小二乘法对滚转力矩通道的气动参数进行辨识，取得了较好的效果， R^2 达到0.998。

关键知识点4：逐步回归分析方法

逐步回归是一种变量选择方法，通过自动选择对模型贡献显著的变量，构建最优回归方程。在实验中，结合逐步回归法和最小二乘法，提高了辨识结果的准确性和可靠性。

关键知识点5：模型验证技术

模型验证是系统辨识的重要环节，通过对比实际响应与模型预测响应，计算拟合度指标，进行残差分析等方法验证模型的有效性。实验结果表明，辨识出的气动参数与真值基本吻合，证明了辨识方法的有效性。

更多详细实验原理可见:全权,高文瀚,刘润潇,陈鑫泉,戴训华,吕书礼,徐琳,李悦.微型固定翼无人机飞行控制设计与实践.北京,2025

6. 参考资料

- 全权,高文瀚,刘润潇,陈鑫泉,戴训华,吕书礼,徐琳,李悦.微型固定翼无人机飞行控制设计与实践.北京,2025.

I 7.常见问题

I Q1: Simulink模型 SmallFixedWingUAVupper.slx无法打开或运行

A1: 请确保您使用的是MATLAB R2022b及以上版本，低版本可能不兼容该模型。如果出现模块错误，请检查是否安装了必要的工具箱，特别是Aerospace Blockset和Simulink。此外，确认模型文件完整且未损坏，必要时从原始安装包重新复制该文件。

I Q2: 运行Cl_DataPreprocess.mlx或 Cl_Identification.mlx时出现数据加载错误

A2: 这些脚本依赖于Cl_Data.mat文件中的数据。请确保该文件存在于当前工作目录中，并且包含正确的变量。如果出现变量未定义错误，请检查数据文件是否完整，必要时重新运行步骤二生成数据文件。另外，确保MATLAB版本兼容这些.mat文件（建议使用MATLAB R2022b及以上版本）。

I Q3: 系统辨识结果拟合度不佳或误差较大

A3: 可能的原因包括：

1. 输入激励信号不够丰富，未能充分激发系统动态特性；

1. <https://rflysim.com/> ↩

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