

- 1.实验名称及目的
  - 1.1实验名称
  - 1.2实验目的
  - 1.3关键知识点
    - 关键知识点1: 辨识精度分析要点
    - 关键知识点2: 关键工具与方法
- 2.实验效果
- 3.文件目录
- 4.运行环境
  - 4.1 软件要求
  - 4.2 硬件要求
- 5.实验步骤
  - 5.1 步骤1: 设置不同幅值和持续时间的阶跃方波信号输入
  - 5.2 步骤2: 运行软件并记录所需各传感器数据
  - 5.3 步骤3: 使用最小二乘法和逐步回归法辨识气动参数
- 6.参考资料
- 7.常见问题
  - Q1: 运行InitDatactrl.m时报错或无法初始化
  - Q2: SmallFixedWingUAVupper.slx模型无法打开或运行
  - Q3: Cm\_Data.mat文件未生成或数据异常

# 1.实验名称及目的

## 1.1实验名称

系统辨识实验之分析实验

## 1.2实验目的

以俯仰力矩通道为例，辨识式 (B.A) 中的  $C_n$ ,  $C_{ras}$ ,  $C_{ns}$ ,  $C_{nu}$ ,  $C_{ns}$ ，了解气动参数辨识的流程和思想。对比分析不同幅值或持续时间的偶极方波或频率变化范围的扫频信号作为激励信号的辨识效果。

# 1.3 关键知识点

## 关键知识点1：辨识精度分析要点

幅值影响：在保证无人机稳定的前提下，增大输入信号幅值（如从 $5^\circ$ 增至 $20^\circ$ ）能更充分激发系统动态响应，提高信噪比，使 $R^2$ 更接近1，拟合效果更好。

长度影响：偶极方波持续时间影响频域能量分布。实验表明长度为6s时辨识精度（ $R^2$ 值）普遍优于4s和8s，说明存在最优激励时长。

评价指标：主要使用 $R^2$ （越接近1越好）、F统计量（越大越好）和RMSE（越小越好）评估辨识结果。逐步回归界面还可直观显示回归系数的显著性（如p值）。

## 关键知识点2：关键工具与方法

滤波方法：采用滑动平均滤波（movmean）预处理数据，窗口长度需根据数据特性选择。

辨识函数：regress用于直接参数估计；stepwise提供可视化交互界面，可逐步引入变量并检验显著性。

数据分段：选取无人机平稳飞行后的数据段（如第5500至7500个数据点）进行辨识，以减少瞬态过程干扰。

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.微小型固定翼无人机飞行控制设计与实践。北京, 2025

# 2. 实验效果

(1)比较不同输入信号的辨识精确度：通过对比可以看出采用偶极方波输入的长度为6s时的 $R^2$ 比4s和8s时的 $R^2$ 更大，随着偶极方波幅值的增大， $R^2$ 更接近于1，有较好的拟合效果。

(2)分析：首先，分析输入信号的幅值对辨识结果的影响。在保证无人机稳定的前提下，输入信号的幅值越大，意味着无人机的作动幅度越大。这一方面有利于更充分地激发无人机相应通道的运动模式，有利于提高辨识精度；另一方面产生的姿态角、姿态角速率等数据的变动更大，有利于将其从噪声数据中分离出来，从而提高辨识的精度。其次，分析输入偶极方波信号的长度对辨识结果的影响。偶极方波信号的长度会影响其在频谱上的能量分布，合适的频率能量分布可以更好地激发无人机相应频段的响应，从而提高辨识的精度。

幅值/ 周期	4s	6s	8s	4s	6s	8s
20°	0.984449	0.98354	0.97199	—	—	—
5°	—	—	—	0.956337	0.958191	0.930923

## 3.文件目录

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\10-FixedWingCtrl\code\\_5\3-2](#)

## 4.运行环境

### 4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链;MATLAB2022B以上版本。

### 4.2 硬件要求

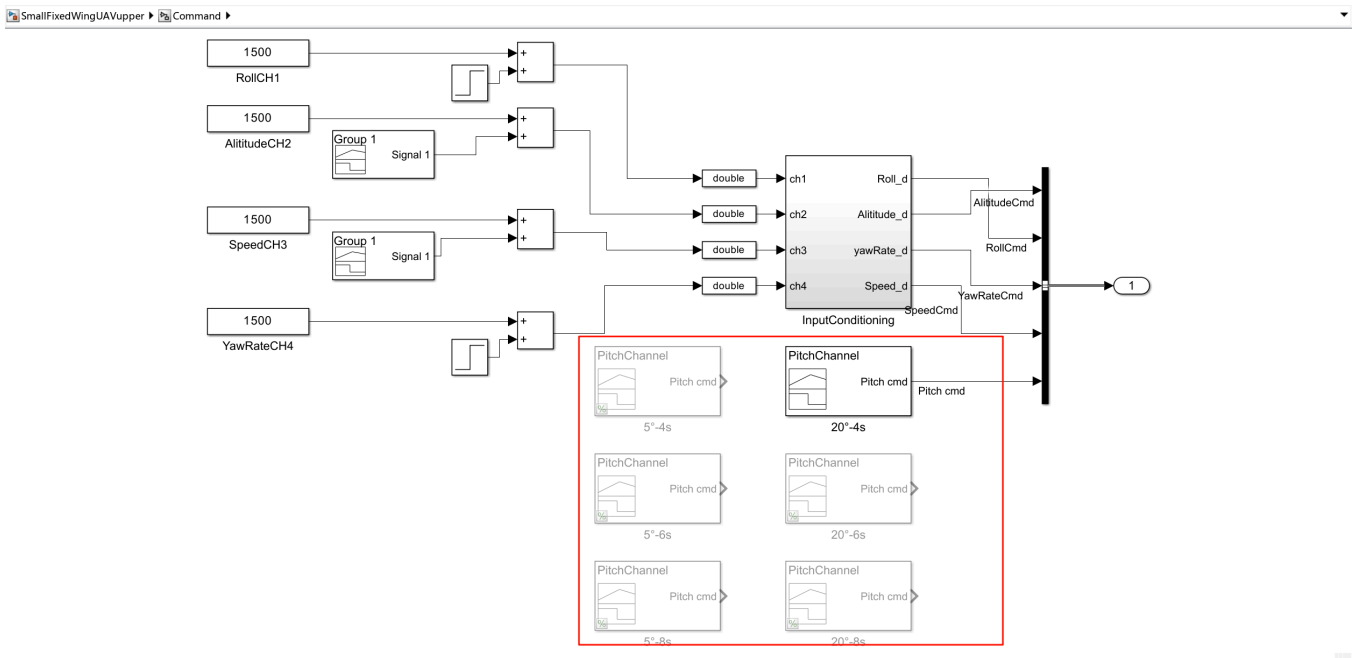
笔记本/台式电脑1台

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

## 5.实验步骤

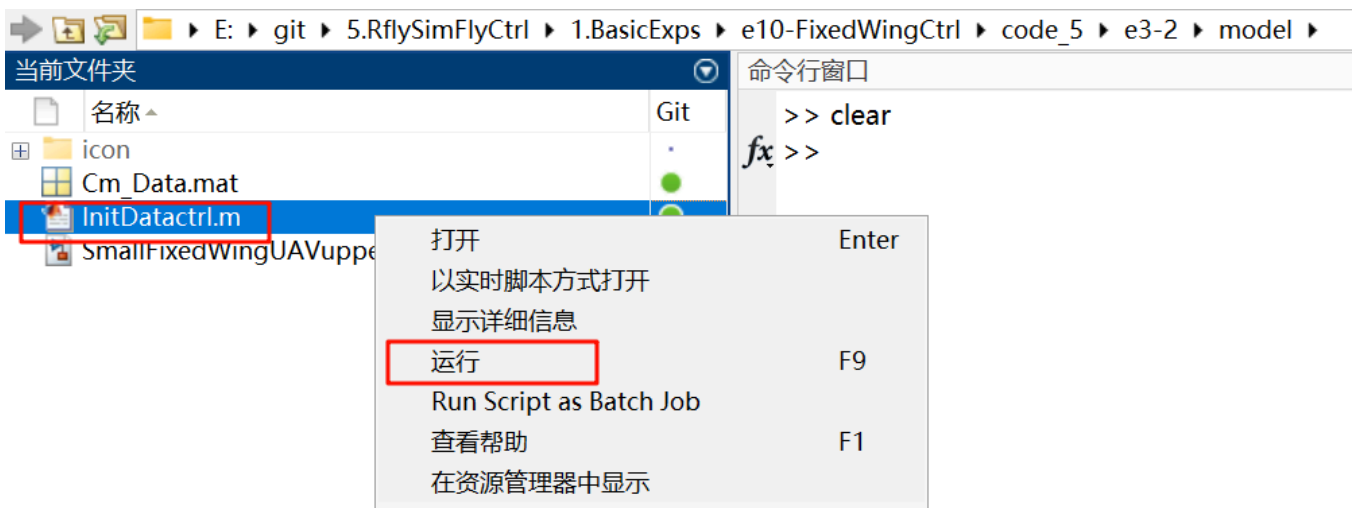
### 5.1 步骤1：设置不同幅值和持续时间的阶跃方波信号输入

1. 使用MATLAB进入到model文件夹下，打开SmallFixedWingUAVupper.slx模型会进入到SmallFixedWingUAVupper/Command模块，可以看到6个PitchChannel模块。



## 5.2 步骤2：运行软件并记录所需各传感器数据

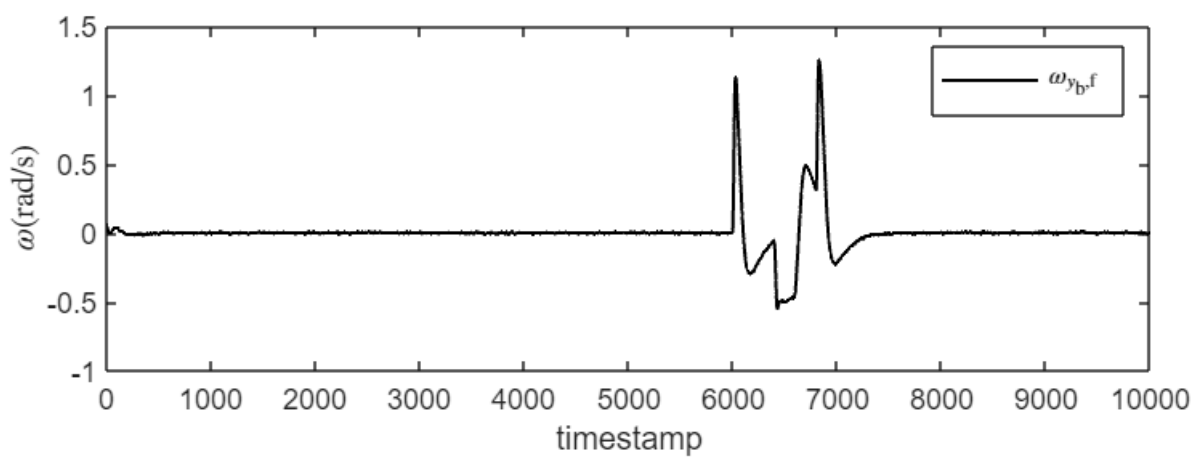
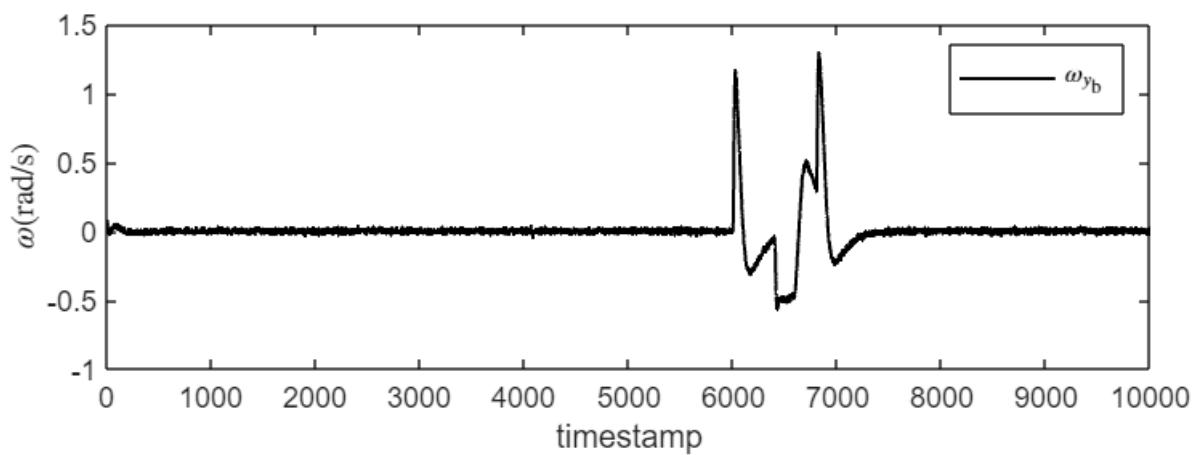
1. 运行model文件夹下"InitDatactrl.m"初始化文件



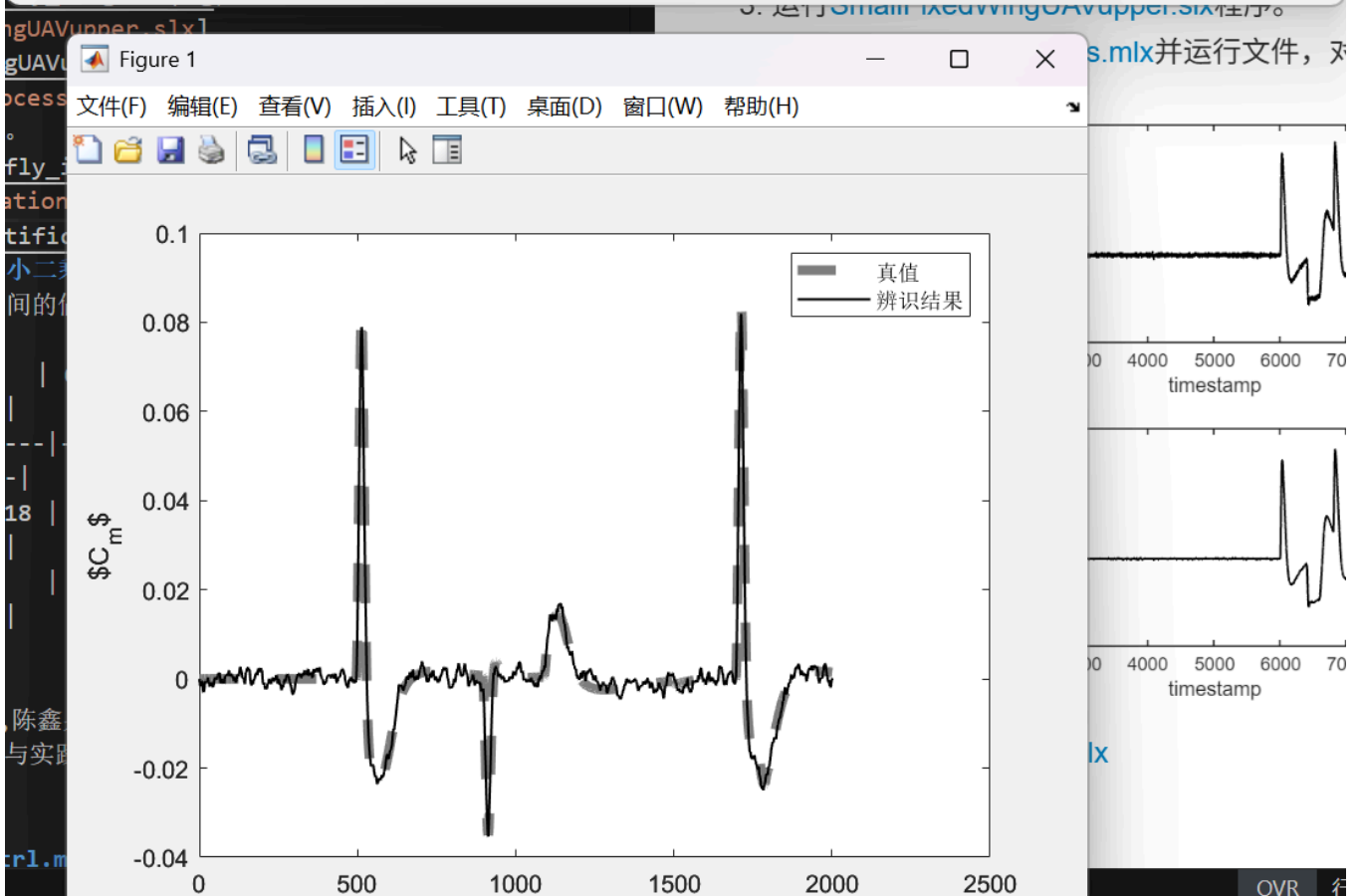
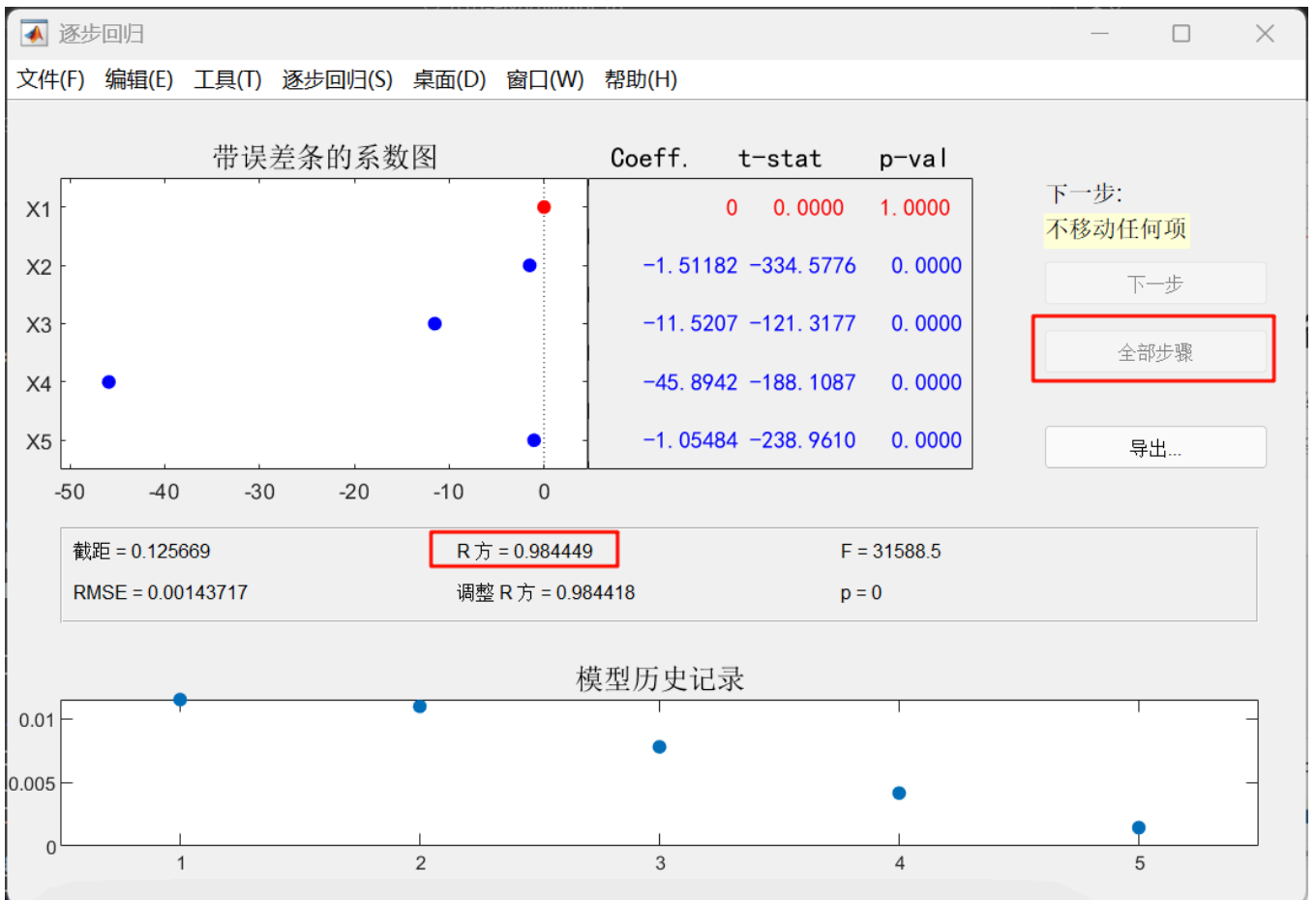
2. 打开SmallFixedWingUAVupper.slx程序并运行。



3. 运行SmallFixedWingUAVupper.slx程序。
4. 打开Cm\_DataPreprocess.mlx并运行文件，对部分数据滤波。

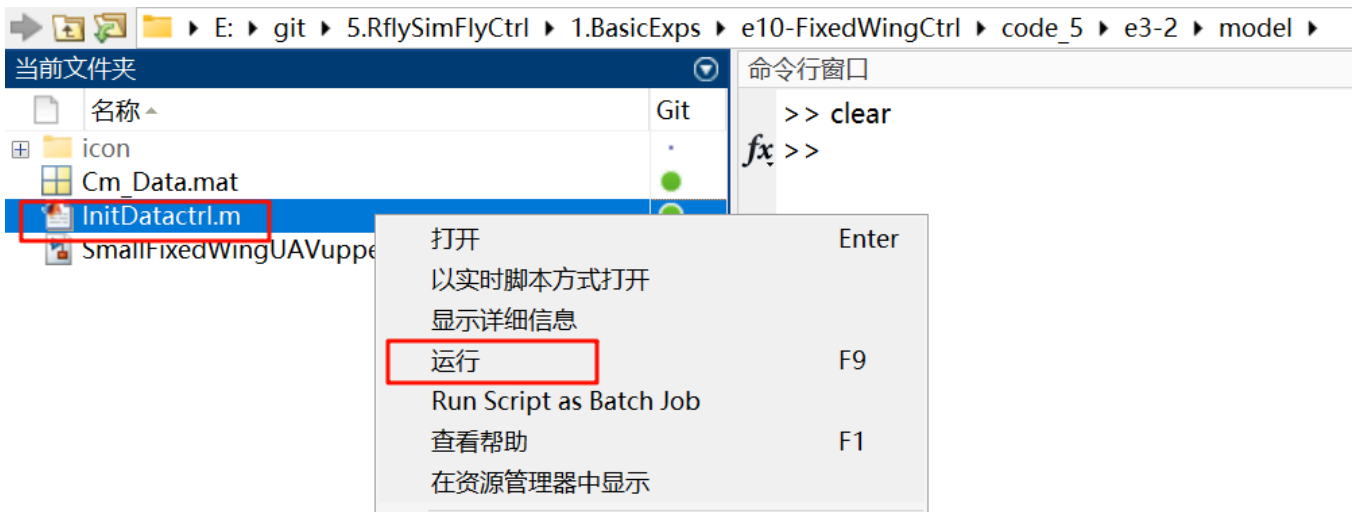


5. 运行 [Cm\\_Identification.mlx](#) 可以看到逐步回归，点击全部步骤，查看结果。

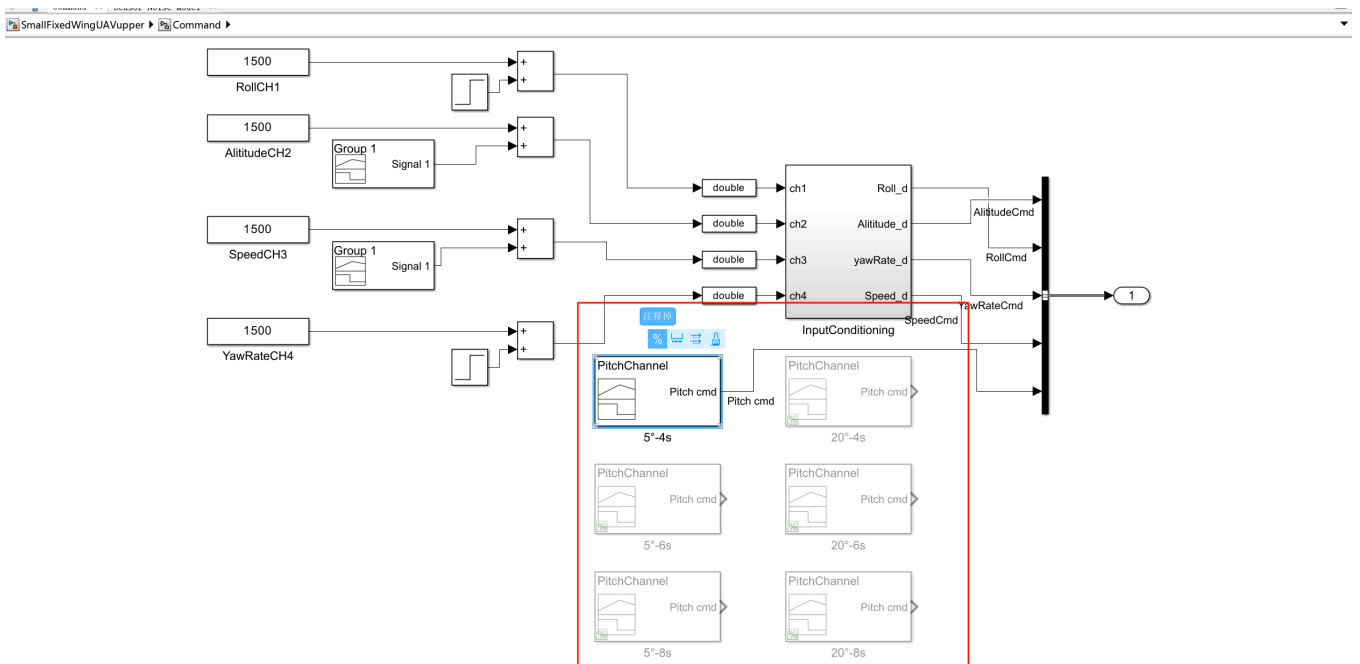


### 5.3 步骤3：使用最小二乘法和逐步回归法辨识气动参数

1. 运行model文件夹下"InitDatactrl.m"初始化文件



2. 打开SmallFixedWingUAVupper.slx程序，进入到SmallFixedWingUAVupper/Command模块，修改PitchChannel，运行实验。需要注意，把使用到的PitchChannel模块解除注释，不用的PitchChannel模块注释掉。模块亮起代表接触注释。



3. 重复步骤2完成6组不同PitchChannel对比实验得到6组不同的数据

幅值/周期	4s	6s	8s	4s	6s	8s
20°	0.984449	0.98354	0.97199	—	—	—
5°	—	—	—	0.956337	0.958191	0.930923

## 6.参考资料

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

# 7.常见问题

## Q1：运行InitDatactrl.m时报错或无法初始化

A1：请检查MATLAB路径是否正确设置，确保所有模型文件和数据文件都在正确的位置。确认当前工作目录为model文件夹，然后再运行初始化文件。

## Q2：SmallFixedWingUAVupper.slx模型无法打开或运行

A2：确保已安装RflySim工具链并正确配置。检查模型文件是否损坏，必要时从原始安装包重新复制该文件。同时确认MATLAB版本不低于2022b。

## Q3：Cm\_Data.mat文件未生成或数据异常

A3：确认仿真运行完整完成，未在中途停止。检查模型中的信号设置是否正确，特别是阶跃方波的幅值和持续时间参数。如果数据明显异常，尝试调整仿真参数或检查初始条件设置。