

- 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: 状态机设计与实现
    - 关键知识点2: 路径跟随控制集成
- 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 设计状态机模块
  - 5.2 路径跟随控制算法
  - 5.3 运行软件在环仿真
- 6.参考资料
- 7.常见问题
  - Q1: 状态机无法正确切换路径段?
  - Q2: 代码生成过程中出现错误?

# 1.实验名称及目的

## 1.1实验名称

固定翼无人机基于代码生成的路径规划与仿真实验

## 1.2实验目的

1. 掌握基于状态机的路径跟随控制方法
2. 学会使用MATLAB/Simulink进行复杂路径规划仿真
3. 掌握代码生成技术，将控制算法转换为C代码
4. 通过软件在环仿真验证完整路径规划与跟随系统

## 1.3 关键知识点

### 关键知识点1：状态机设计与实现

状态机是管理无人机在不同路径段之间切换的核心机制。本实验的状态机设计包括以下功能：

- 路径段管理：根据路径信息向量逐段处理路径
- 切换条件判断：通过当前位置与路径段终点的距离判断是否切换到下一段
- 路径类型识别：根据路径信息向量第一个元素判断是直线段还是圆弧段
- 仿真结束判断：当所有路径段执行完毕后终止仿真

### 关键知识点2：路径跟随控制集成

本实验将L1直线跟随算法和偏距圆弧跟随算法集成到统一的控制框架中：

- 根据路径信息向量判断当前路径段类型
- 选择相应的跟随算法
- 执行路径跟随控制
- 输出期望滚转角指令

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

通过本实验，可以实现完整的路径规划与跟随系统，包括：

- 复杂环境下的路径规划
- 基于状态机的路径段管理
- 直线和圆弧路径的精确跟随

仿真结果表明，整个系统能够稳定运行，无人机能够按照规划路径准确飞行。

## 3. 文件目录

例程目录：[\[安装目录\]\RflySimAPIs\5.RflySimFlyCtrl\1.BasicExps\10-FixedWingCtrl\code\\_7\5-3](#)

文件夹/文件名称	说明
SmallFixedWingUAVplan.slx	固定翼无人机路径规划Simulink仿真模型

文件夹/文件名称	说明
InitDatactrl.m	固定翼无人机状态初始化文件
set_path_to_aircraft.m	设置路径信息程序
Path_plan	路径规划相关文件

## 4. 运行环境

### 4.1 软件要求

Windows 10及以上版本；RflySim工具链；MATLAB R2022b及以上。

### 4.2 硬件要求

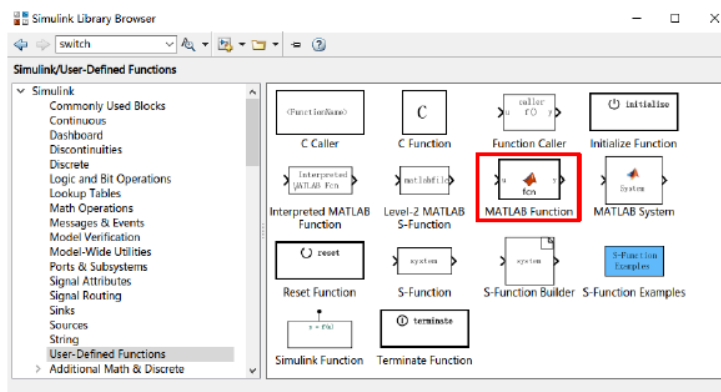
笔记本/台式电脑1台

①：推荐配置请见：<https://rflysim.com/>

## 5. 实验步骤

### 5.1 设计状态机模块

在文件夹e5-3中打开“SmallFixedWingUAVplan.slx”模型文件，可以在Simulink库浏览器中通过“MATLAB Function”模块中设计“Simple State Machine”状态机，鼠标右键点击下图红色框选图标，选择“向模型SmallFixedWingUAVplan.slx添加模块”

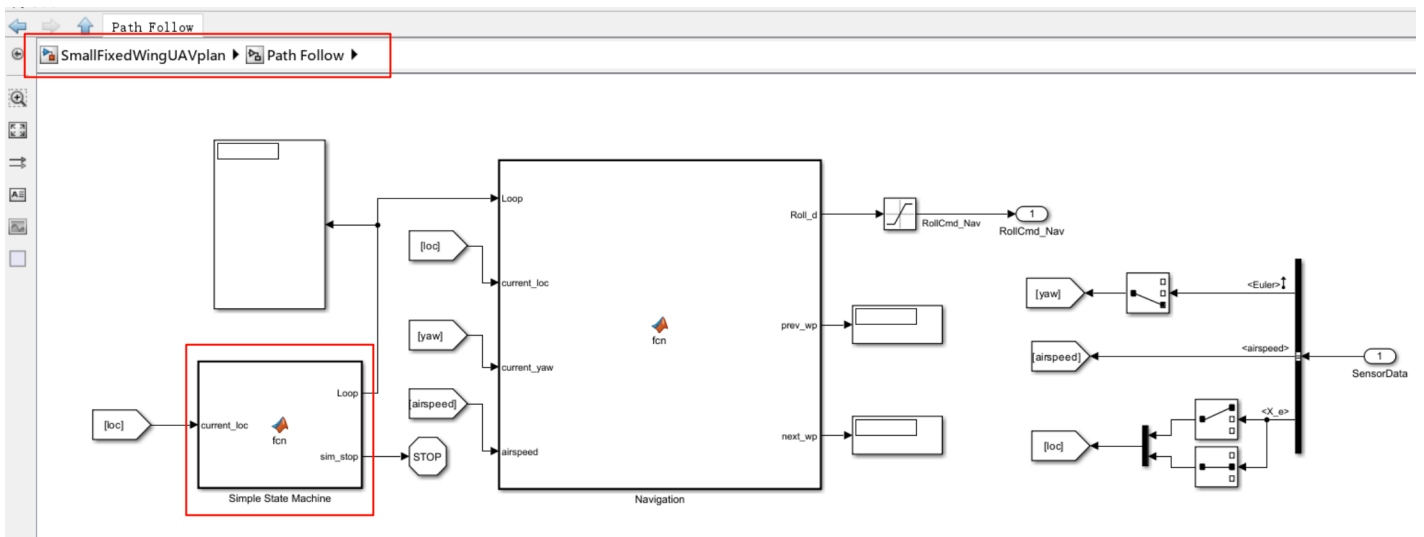


如代码段。在示例代码第 2 行，首先设置“sim\_stop”为结束标志，当整段航线飞行结束后将

“sim\_stop”赋值为 1 从而终止仿真。初始化状态变量“state”为 1，并新建航路信息向量表。

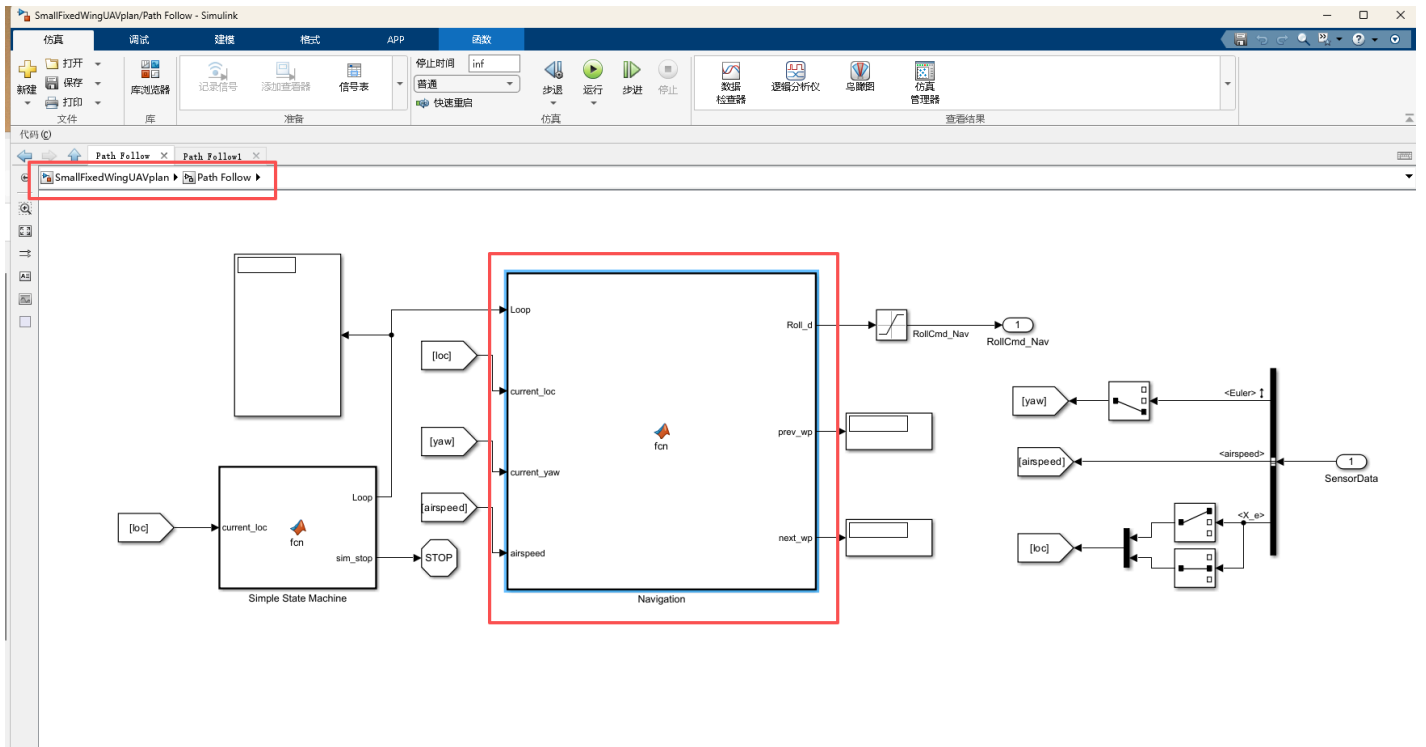
```
% Stop simulation
sim_stop=0;
% State machine
persistent state;
if isempty(state)
    state = 1;
    Loop = zeros(1,7);
else
    index = state;
    if(index < length(L(:,1)))
        Loop = L(index,:);
        if Loop(1)<0
            r=[Loop(4) Loop(5)];
            n=( [Loop(4) Loop(5)]-[Loop(2) Loop(3)])/norm([Loop(4) Loop(5)]-[Loop(2) Loop(3)]);
            p=[current_loc(1) current_loc(2)];
        else
            r=[Loop(4) Loop(5)];
            n=( [L(index+1,4) L(index+1,5)]-[Loop(4) Loop(5)])/norm([L(index+1,4) L(index+1,5)]-[Loop(4)
Loop(5)]);
            p=[current_loc(1) current_loc(2)];
        end
        if dot((p-r)/norm(p-r),n)>=0
            state = state + 1;
        else
            state = state;
        end
    elseif(index == length(L(:,1)))
        Loop = L(index,:);
        if sqrt((current_loc(1)-L(index,4))^2+(current_loc(2)-L(index,5))^2) < 20
            state = state + 1;
        else
            state = state;
        end
    else
        Loop = zeros(1,7);
        sim_stop = 1;
    end
end
end
```

接入状态机模块，到SmallFixedWingUAVplan.slx) 模型文件中。



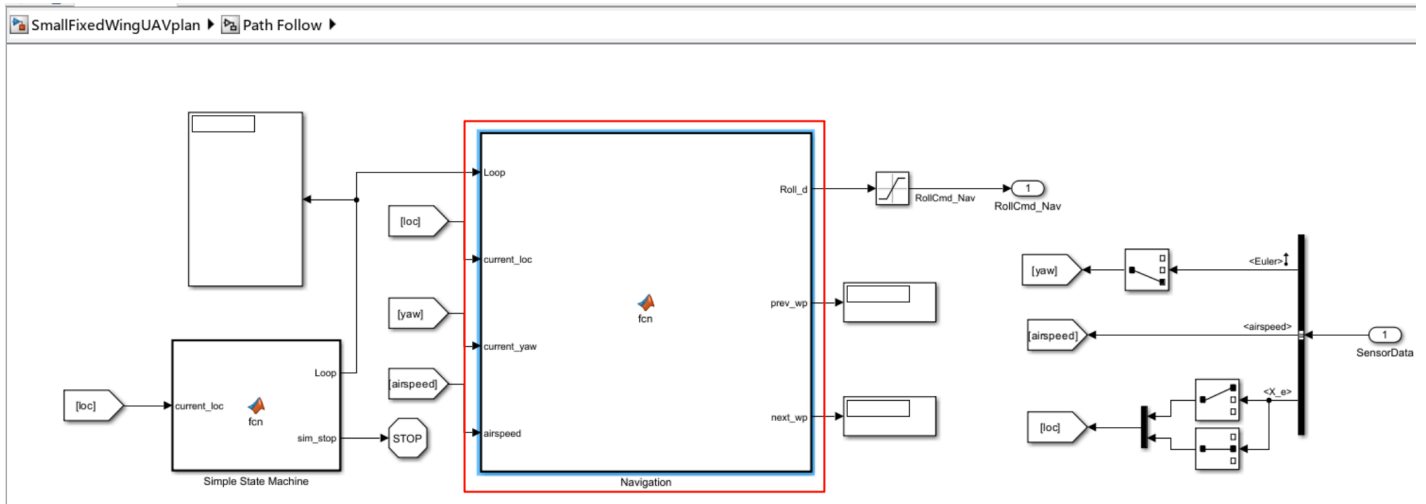
## 5.2 路径跟随控制算法

在Path Follow模块中，双击进入“Navigation”模块中，如下图所示，结合直线与圆弧算法，通过向量信息第一个位置数据“Loop(1)”确定当前是直线路径还是圆弧路径，算法框架如代码段。



```
function [Roll_d,prev_wp,next_wp] = fcn(Loop, current_loc, current_yaw, airdspeed)
flag = Loop(1);
prev_wp = [Loop(2);Loop(3)];
next_wp = [Loop(4);Loop(5)];
ISA_g = 9.80665;
persistent rdist_prev;
```

接入状态机模块，到SmallFixedWingUAVplan.slx) 模型文件中。

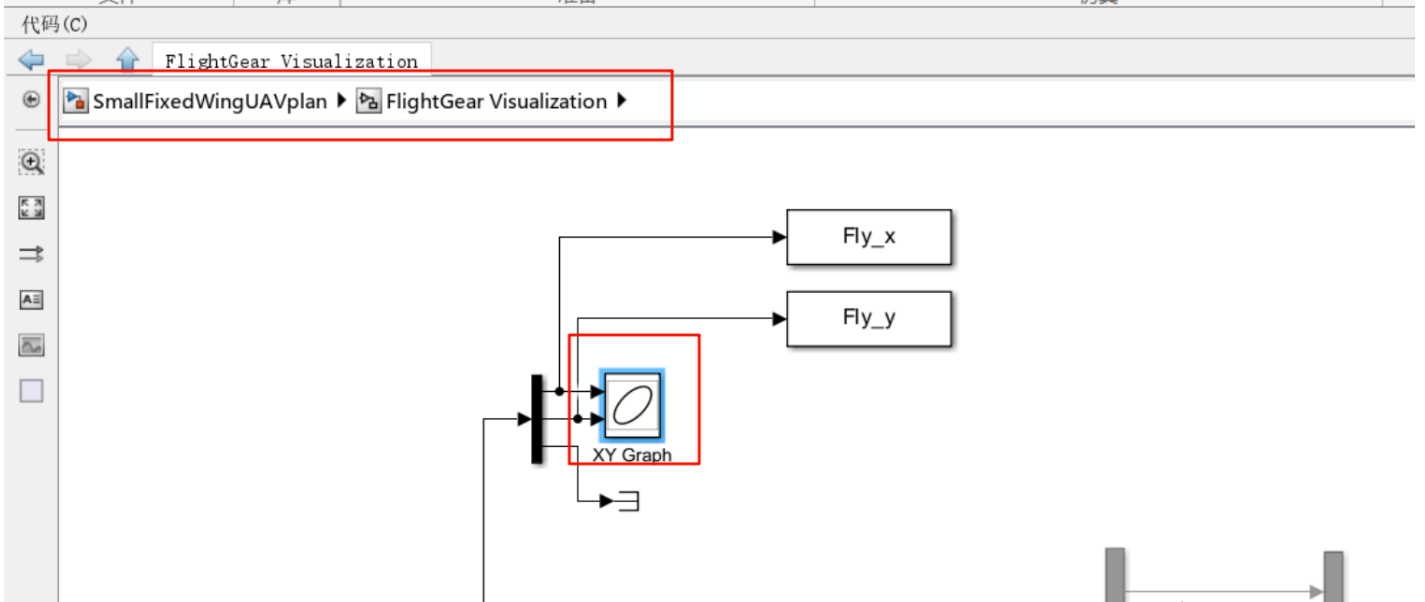


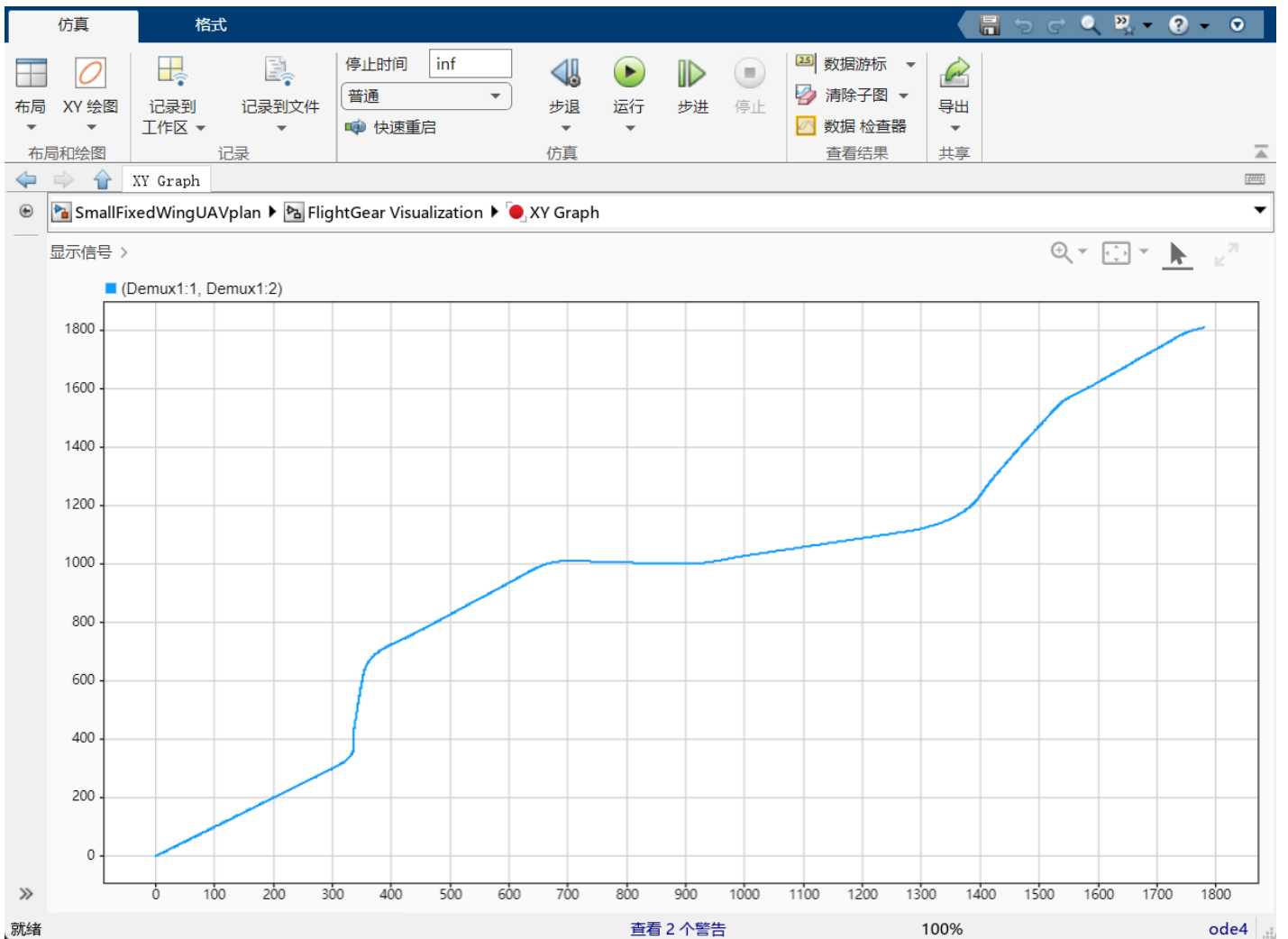
## 5.3 运行软件在环仿真

运行“SmallFixedWingUAVplan.slx”，



记录飞行轨迹与规划轨迹的对比如图所示。





## 6.参考资料

1. RflySim官方文档：<https://rflysim.com/doc/zh/>
2. PX4飞控固件官方文档：<https://docs.px4.io/>
3. 飞思实验室官网：<http://www.feisilab.com/>
4. 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：状态机无法正确切换路径段？

A1：检查切换条件判断逻辑，确保当前位置和路径段终点的计算正确。验证路径信息向量格式是否符合要求。

## Q2: 代码生成过程中出现错误?

A2: 检查模型配置是否支持代码生成, 确保所有模块都兼容代码生成。检查数据类型和维度设置是否正确。