

1. 实验名称及目的

1.1. 实验名称

姿态控制分析

1.2. 实验目的

1. 调节 PID 控制器相关参数以改善控制性能并记录超调量和调节时间，得到一组恰当参数；
2. 使用调试后的参数，对系统进行扫频以绘制 Bode 图，观察系统幅频响应,相频响应曲线，分析其稳定裕度。

1.3. 关键知识点

- 多旋翼姿态控制器 PID 控制器的工作原理。
- 开环姿态控制系统进行扫频以绘制 Bode 图，闭环姿态控制系统的稳定裕度。
- RflySim 平台软件在环仿真。

2. 实验效果

实现基于欧拉角的态度 PID 控制软件仿真。

3. 文件目录

文件夹/文件名称		说明
icon	Init.m	模型初始化参数文件。
	pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
	SupportedVehicleTypes.pdf	机架类型修改说明文件。
	FlightGear.png	
	F450.png	F450 飞机模型图片。
Init_control.m		控制器初始化参数文件。
AttitudeControl_tune.slx		控制模型文件。

4. 运行环境

序号	软件要求	硬件要求	
		名称	数量
1	Windows 10 及以上版本	笔记本/台式电脑 ^①	1
2	RflySim 工具链		
3	MATLAB 2022b 及以上		

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com>

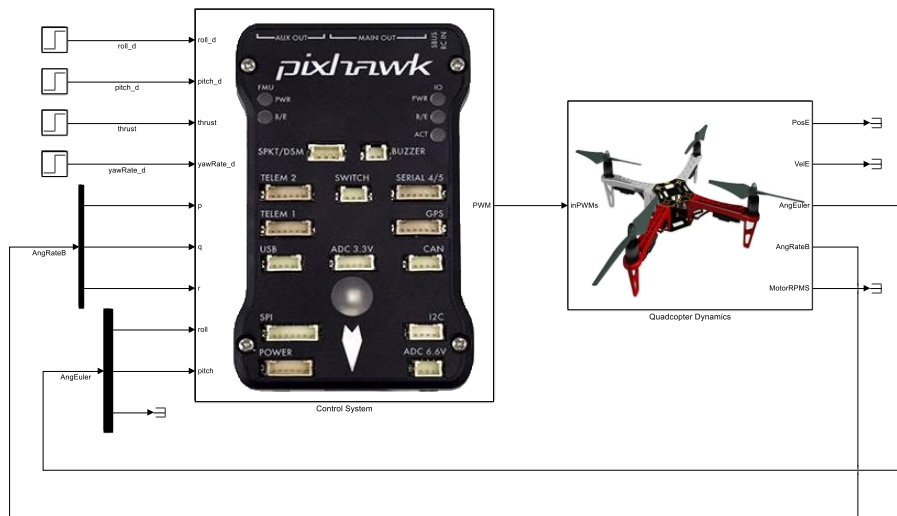
5. 实验步骤

5.1. 姿态控制器-分析实验

打开 MATLAB 软件，在 MATLAB 中打开 Init_control.m 文件，调节如下俯仰角的 PID 参数。

```
ModelInitPosE=[0,0,-100];  
ModelInitVelB=[0,0,0];  
ModelInitAngEuler=[0,0,0];  
ModelInitRateB=[0,0,0];  
ModelInitRPM=557.1420;
```

运行 Init_control.m 文件，“e5-AttitudeCtrl\5.2\AttitudeControl_tune.slx”文件自动打开。



在“AttitudeControl_tune.slx”中找到 AttitudeControl_tune/Control System/AttitudeControl1 子模块。将期望角速度换成阶跃输入，并将“q”信号线（对应角速度）和阶跃信号线设置为“Enable Data Logging”来得到阶跃响应曲线。

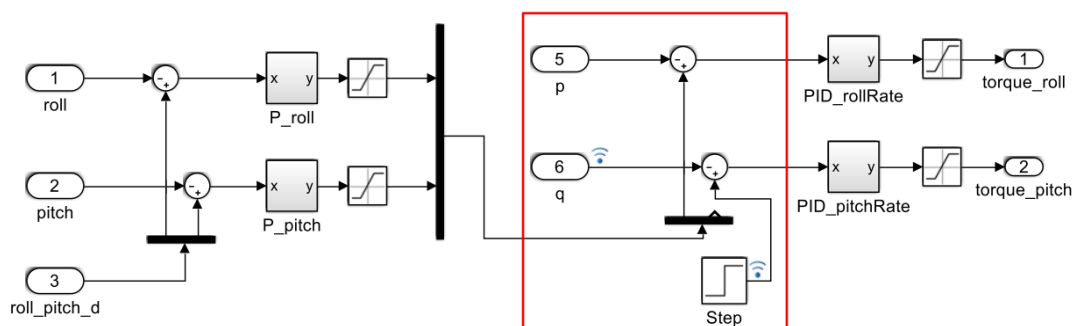
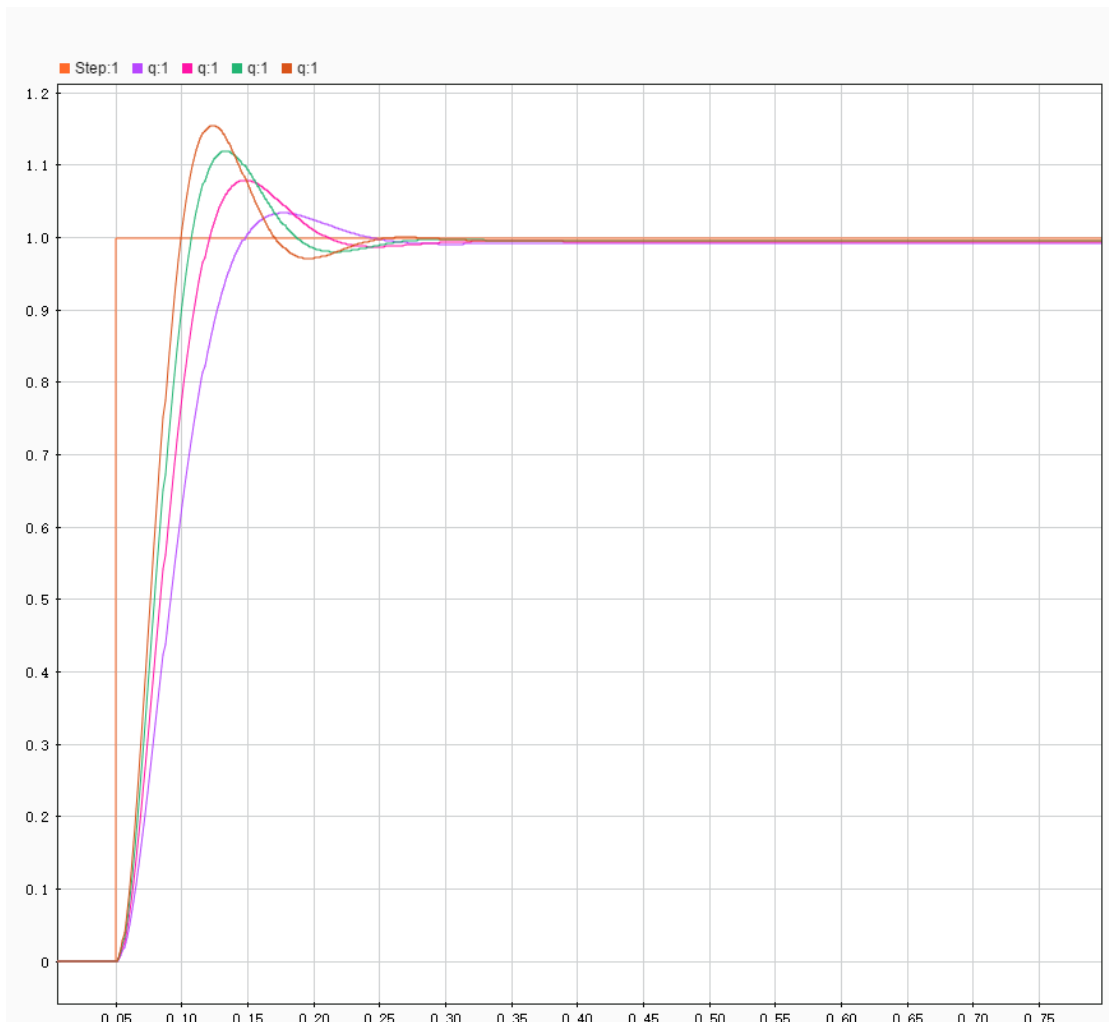


图 1 角速度环调试模型

修改文件“Init control.m”中角速度控制环的 PID 参数。首先将积分项和微分项参数设置为 0。调整比例项参数（“Kp_PITCH_AngleRate”），并每次修改后运行文件“Init control.m”。

```
%% control parameter
% attitude PID parameters
Kp_PITCH_ANGLE = 6.5;
Kp_PITCH_AngleRate = 0.06;
Ki_PITCH_AngleRate = 0;
Kd_PITCH_AngleRate = 0;
Kp_ROLL_ANGLE = 6.5;
Kp_ROLL_AngleRate = 0.1;
Ki_ROLL_AngleRate = 0.02;
Kd_ROLL_AngleRate = 0.001;
```

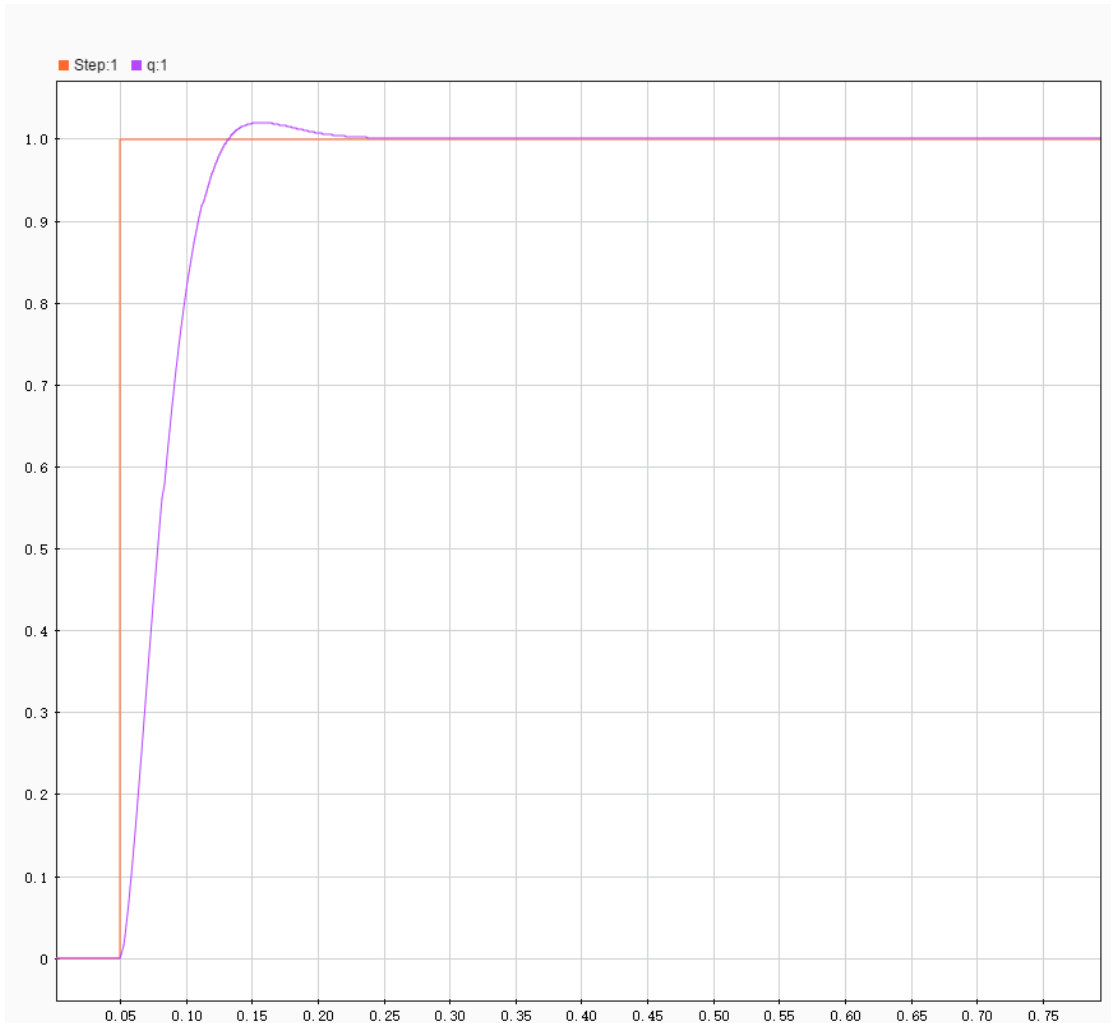
设定合适的仿真时间后点击 Simulink 的“Run”按钮，在“Simulation Data Inspector”中查看输入和输出（如下图）。调试过程中逐渐增大比例项参数，这对应于文件“Init control.m”中的“Kp_PITCH_AngleRate”变量增加。



调整“Init control.m”文件中的积分项和微分项参数，即“Ki_PITCH_AngleRate”和“Kd_PITCH_AngleRate”变量。最后，微调比例项参数。得到一组令人满意的参数（如下）。其阶跃响应如下图。

```
Kp_PITCH_AngleRate = 0.10;
```

Ki_RP_AgngleRate = 0.02;
Kd_RP_AgngleRate = 0.001;



采用上一步所得到的角速度环参数，调节角度环比例项系数。将期望俯仰角换成阶跃输入，并将阶跃输入和期望角实际输出设置为“Enable Data Logging”。

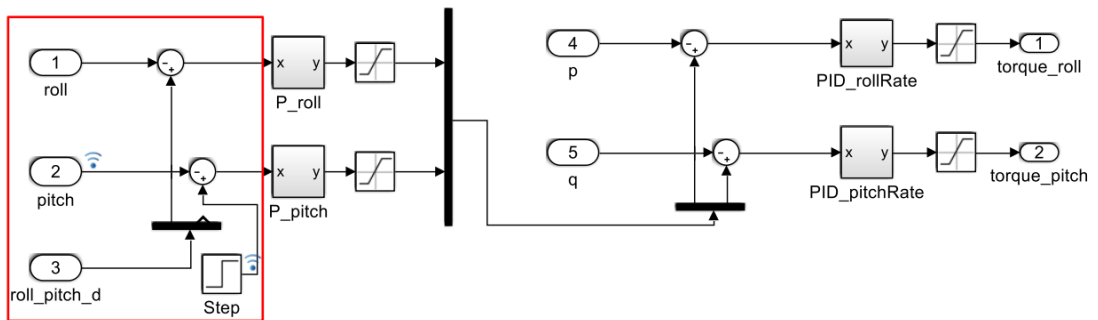
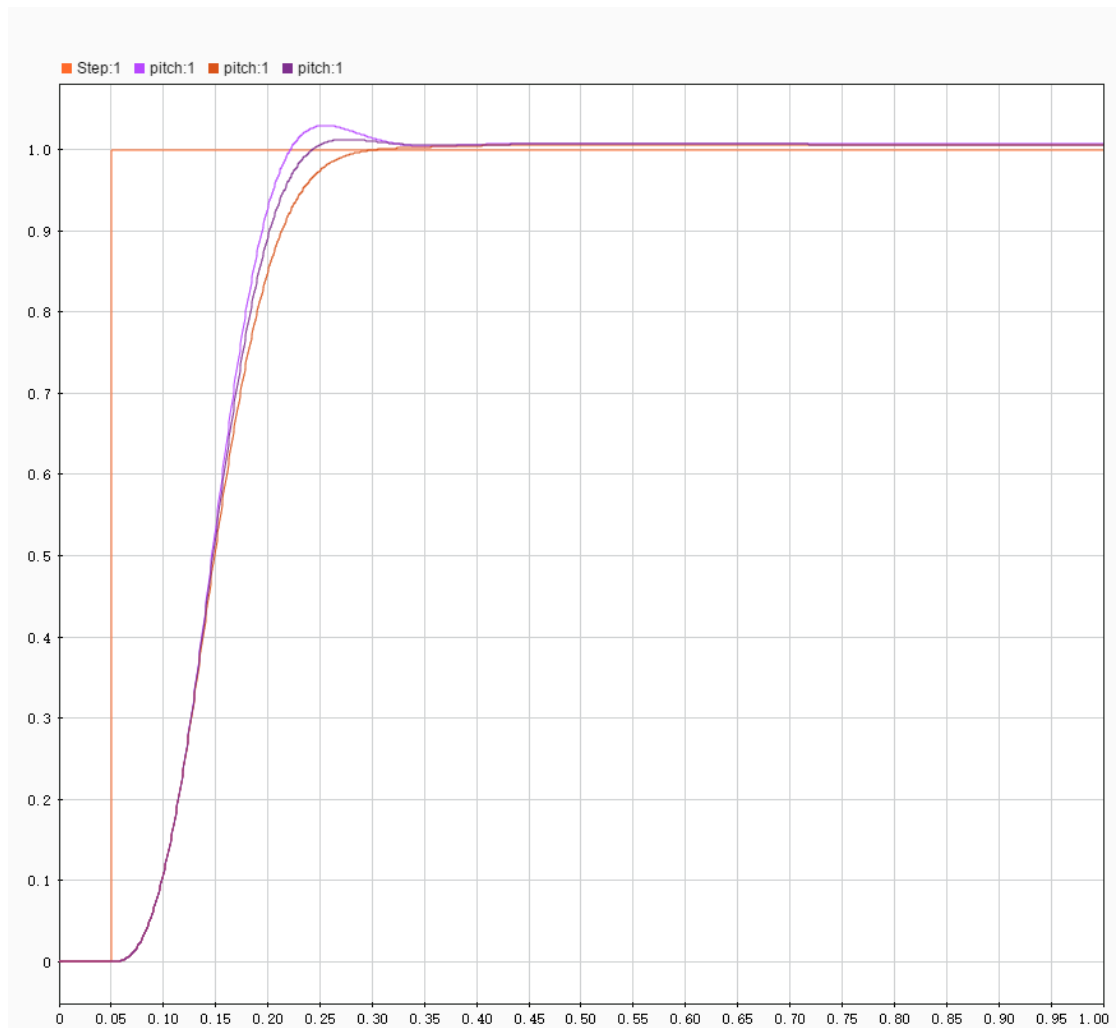


图 2 角度环调试模型

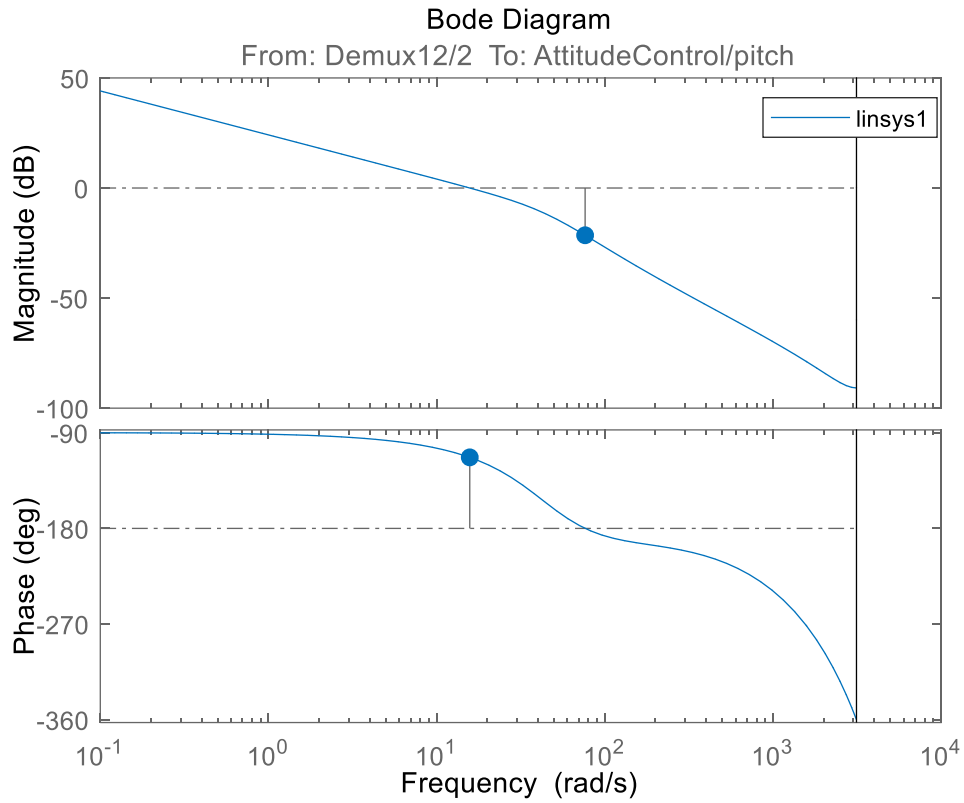
由小增大外环比例项参数，在“Simulation Data Inspector”中观察阶跃响应。



再进一步微调比例项参数得到最终的响应曲线。

```
Kp_RP_ANGLE =16;
```

设定信号输入输出点。将期望俯仰角输入线设为“Open-loop Input”，俯仰角的实际输出设置为“Open-loop Output”。扫频得到 Bode 图。



6. 参考资料

- [1]. 全权,杜光勋,赵峙尧,戴训华,任锦瑞,邓恒译.多旋翼飞行器设计与控制[M],电子工业出版社, 2018.
- [2]. 全权,戴训华,王帅.多旋翼飞行器设计与控制实践[M],电子工业出版社, 2020.

7. 常见问题

Q1: ***

A1: ***