

1、实验名称及目的

基础实验：调节 PID 控制器的相关参数改善系统控制性能，并记录超调量和调节时间，得到一组满意的参数。在得到满意参数后，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。

2、实验效果

调节 PID 控制器的参数，尝试得到一组满意的参数，并使用 MATLAB 系统分析工具得到整个开环系统的 Bode 图，查看相应闭环系统的相位裕度和幅值裕度。

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。
	FlightGear.png	FlightGear 硬件图片。
	pixhawk.png	Pixhawk 硬件图片。
	SupportedVehicleTypes.pdf	机架类型修改说明文件。
	F450.png	F450 飞机模型图片。
PosCtrl_tune.slx		Simulink 仿真模型文件。
Init_control.m		控制器初始化参数文件。

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 平台免费版	卓翼 H7 飞控 ^②	1
3	MATLAB 2017B 及以上	数据线、杜邦线等	若干

①：推荐配置请见：<https://doc.rflysim.com/1.1InstallMethod.html>

②：须保证平台安装时的编译命令为：droneyee_zyfc-h7_default，固件版本为：1.12.1。其他配套飞控请见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

③：本实验演示所使用的遥控器为：福斯 FS-i6S、配套接收器为：FS-iA6B。遥控器相关配置见：<http://doc.rflysim.com/hardware.html>

5、实验步骤

Step 1:

模型初始设置

PID 参数步骤与姿态控制的参数调试步骤相同。先调试内环速度环，再调试外环的位置

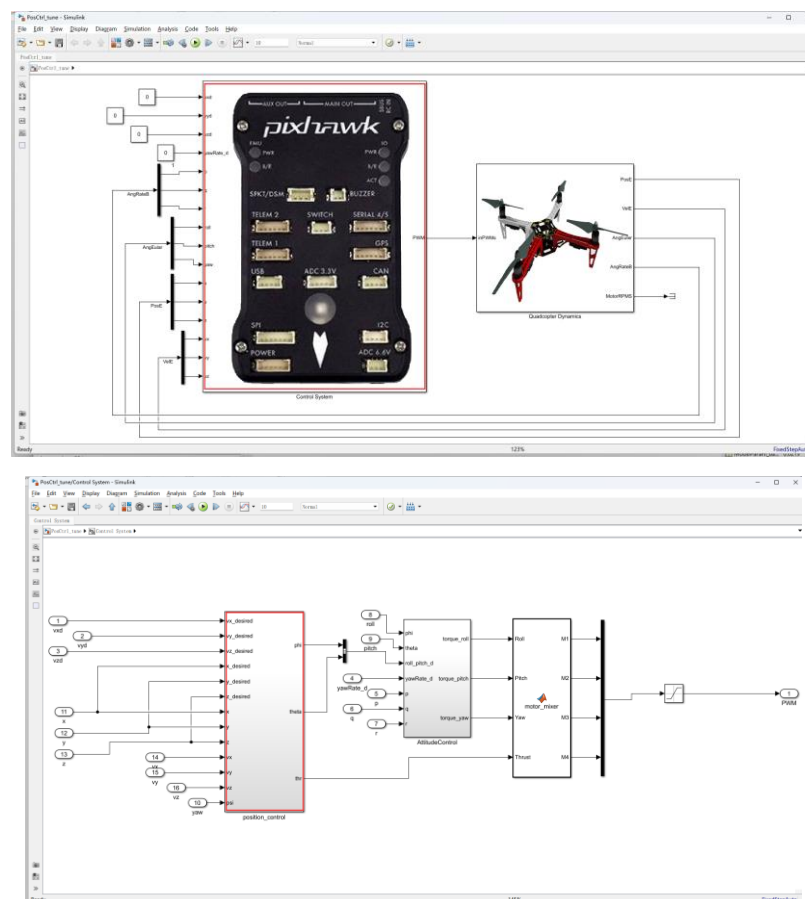
环，先调高度再调水平位置。调试文件在” e6-PositionCtrl\PID-Config\6.2\PosCtrl_tune.slx” 文件夹中。 调节参数的初始状态应是飞行器处于高空悬停状态，将初始高度设置为 100m，电机的初始转速设置为 557.1420rad/s，这个初始条件对应于飞行器在空中 100m 处悬停。修改 “Init_control.m” 文件中的对应参数如下。

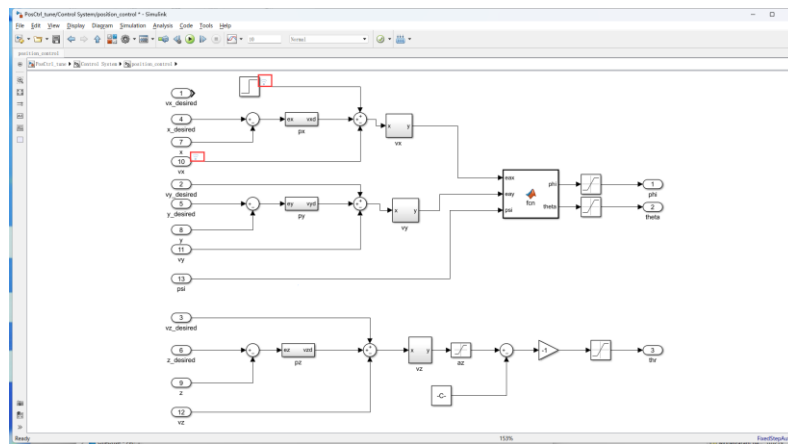
```
ModelInit_PosE = [0, 0, -100];
ModelInit_VelB = [0, 0, 0];
ModelInit_AngEuler = [0, 0, 0];
ModelInit_RateB = [0, 0, 0];
ModelInit_Rads = 557.142;
```

Step 2:

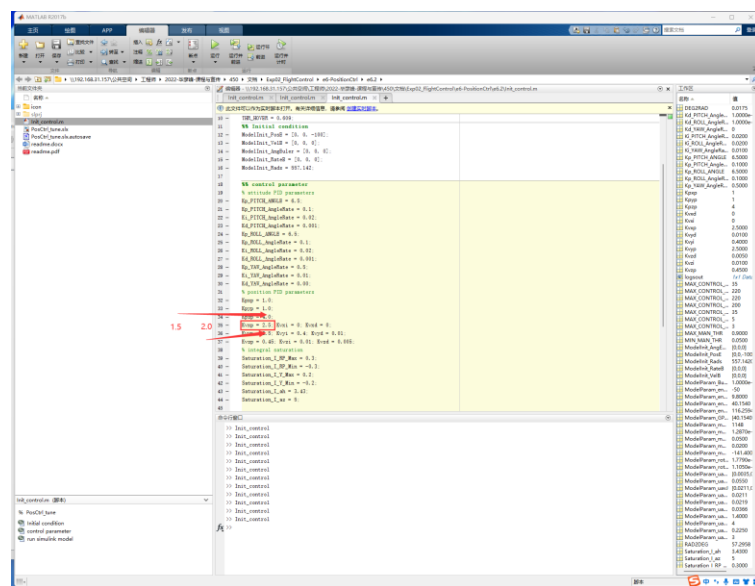
速度控制环参数调节：

首先调节内环 PID 参数。 打开 “e6-PositionCtrl\PID-Config\6.2\tune\PosControl_tune.slx” 文件中的 “Control System” 子模块中的 “position_control” 模块，即为位置控制系统模型。将其中 x 通道的速度期望部分换成阶跃输入，并将输入输出设置为 “Enable Data logging” 。

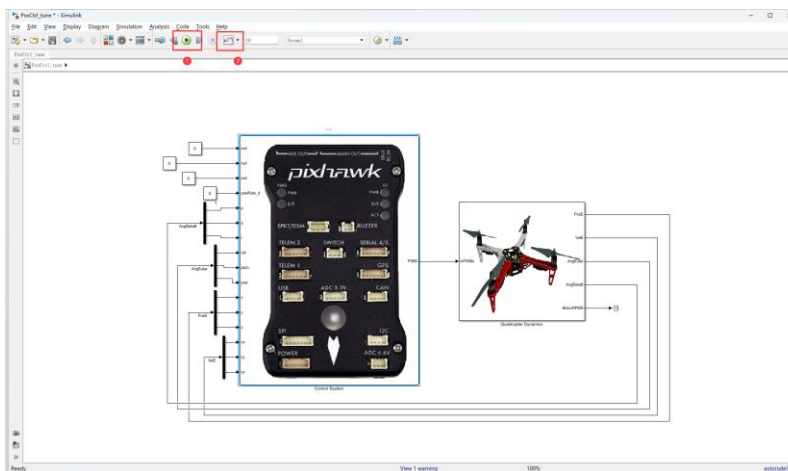




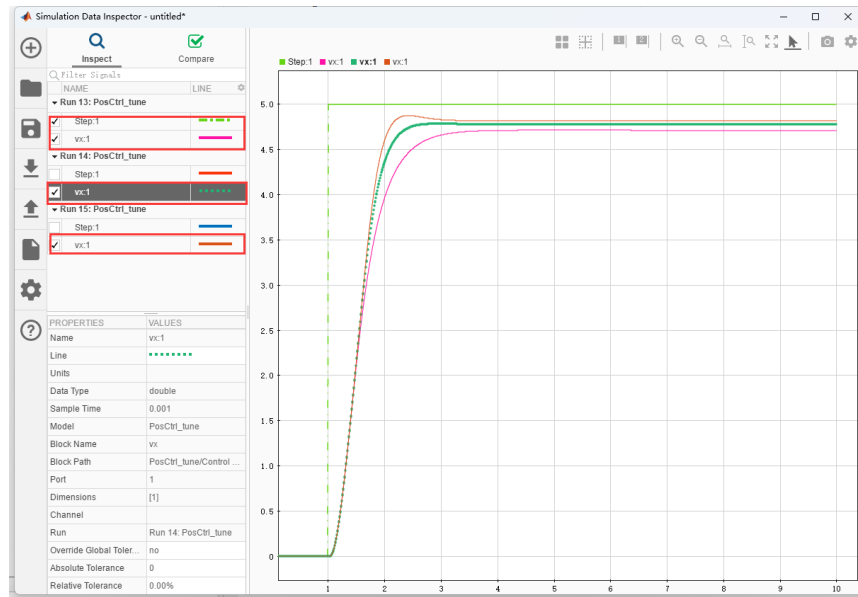
在“Init_control.m”文件中修改内环PID参数的值。先设定比例项参数，积分和微分参数设为0，Kvxp参数设置分别为1.5、2.0和2.5，下图所示。



依次运行“Init_control.m”文件。点击 Simulink 的“Run”按钮开始仿真，在“Simulation Data Inspector”中查看输入输出波形，如下图所示。



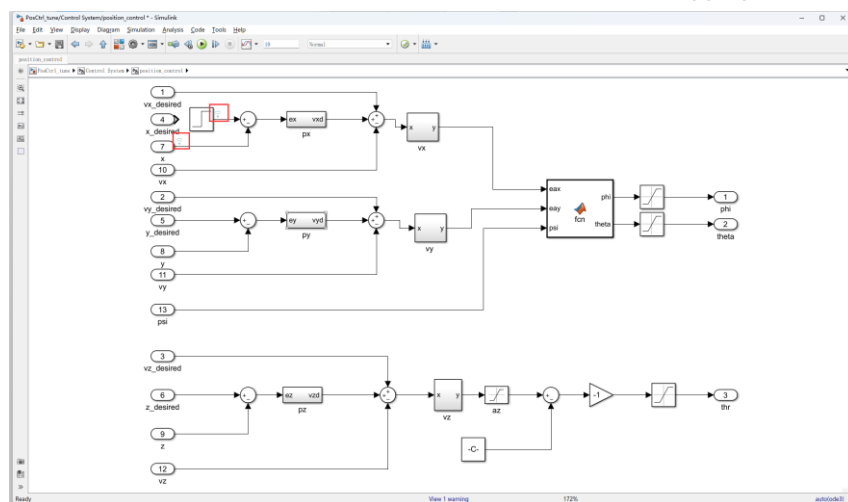
由小到大逐渐增大比例项系数值，得到阶跃响应曲线如图。



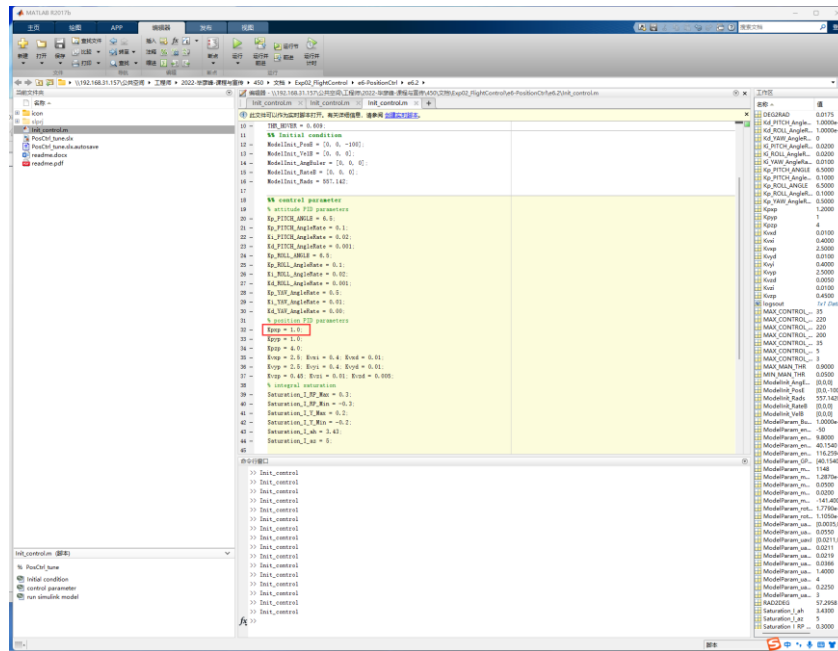
Step 3:

位置环参数调节:

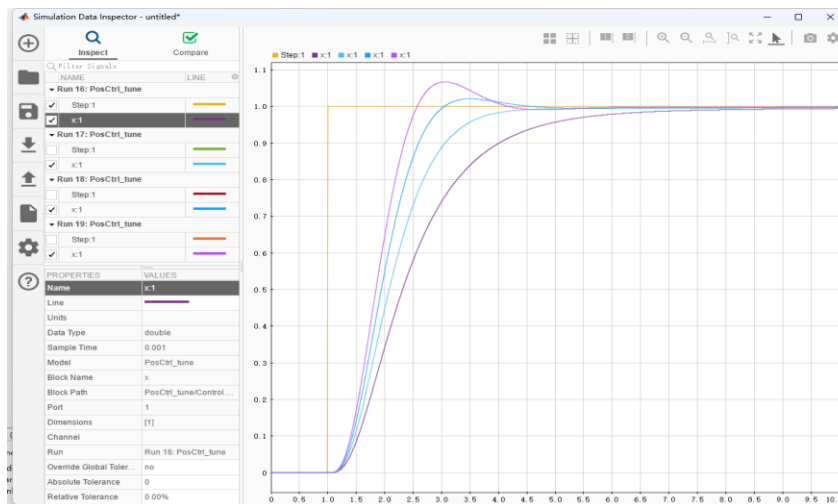
使用步骤二中得到的速度环参数，在“PosControl_tune.slx”文件中，将“x_desired”换为阶跃输入，并将阶跃输入和“x”信号线设置为“Enable Data Logging”，如下图所示。



如下图在“Init_control.m”由小增大位置环比例项系数，即“Kpxp”的值，分别为 0.6、0.8、1.0 和 1.2。



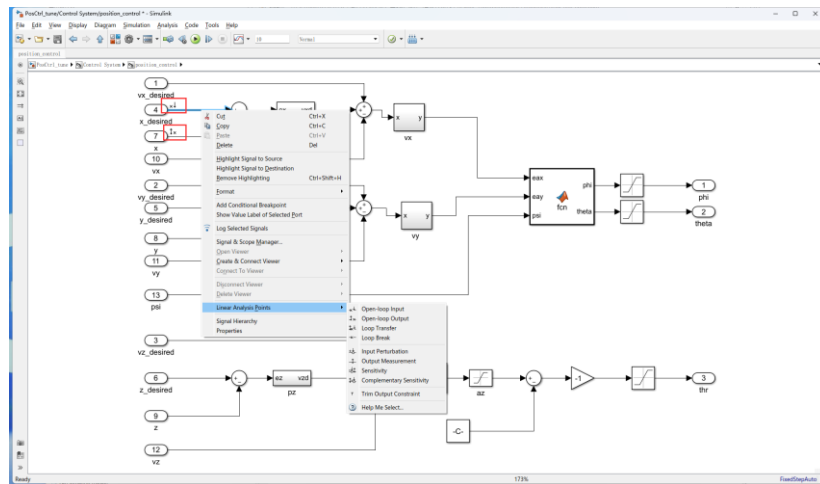
在“Simulation Data Inspector”观察阶跃响应。如下图



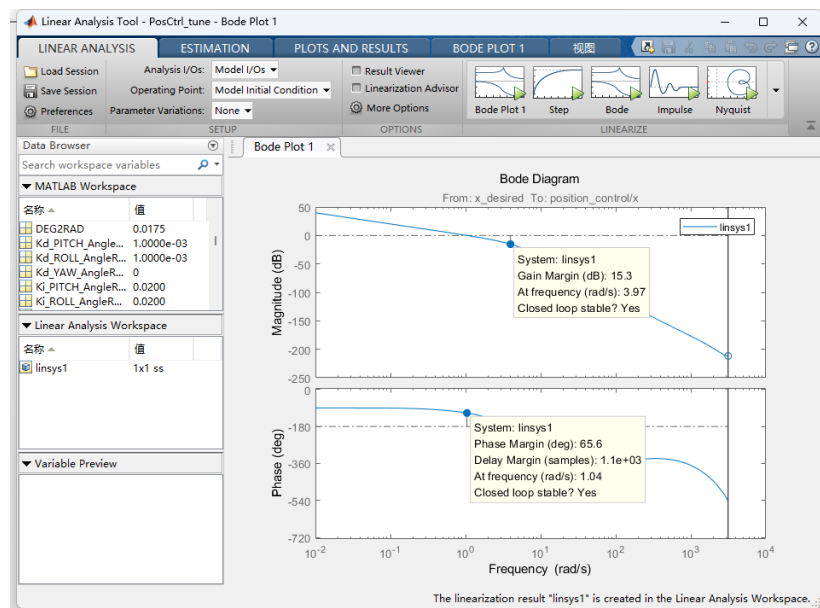
Step 4:

扫频得到 Bode 图：

设定信号输入输出点。将“x_desired”输入线设为“Open-loop Input”，“x”设置为“Open-loop Output”如下图所示。



得到 Bode 图如下图。



6、参考文献

- [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.