



哈爾濱工業大學(深圳)
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY, SHENZHEN

运动控制 实验报告

专业: 控制科学与工程
班级: 25 级控制 1 班
姓名: 吴俊达 (同组: 许浩威)
学号: 25S065010
日期: 2025 年 10 月 17 日

实验四 控制参数对运行性能影响实验

一、MATLAB 代码及数据分析

要求如下：

粘贴数据分析用的程序并适当添加注释

误差分析、振动分析脚本都与第一次实验完全相同(除了读取的文件名不同),
此处略去。

二、误差计算结果与分析

要求如下：

1、对于“默认控制参数”与“修改后的控制参数”与控制器调参后运行得到的三组数据进行分析，分别计算x、y轴的半闭环跟踪误差、全闭环跟踪误差、半闭环和全闭环反馈误差，求解以上误差的最大值与均方根值，将最大值和均方根值记录在此处。

调参后的参数为：

电流环：

kcbemf 1; 设置电流环电流前馈反电动势补偿比为 1

kcff 1; 设置电流环电流前馈增益为 1

kci 1; 设置电流环电流积分增益为 0.1

kcp 0.7; 设置电流环电流比例增益为 0.7

速度环：

kvp 2; 设置速度环比例增益为 2

kvi 15; 设置速度环积分增益为 15

kvfr 1; 设置速度环前馈为 1

位置环：

knlusergain 0.7; 设置位置环全局增益为 0.7

knli 0.1; 设置位置环积分增益为 0.1

knliv 25; 设置位置环微分-积分增益为 25

knlp 150; 设置位置环比例增益为 150

knld 250; 设置位置环微分增益为 250

误差分析结果为：（标粗的数据为受到调参影响的数据，因为只有 y 轴参数可供调整）

| | 默认控制参数 | 修改后的控制参数 | 控制器调参后运行 |
|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| x 半闭环跟踪误差最大值 | 0.622644 | 0.590642 | 0.607636 |
| x 半闭环跟踪误差方均根值 | 0.369815 | 0.364853 | 0.367193 |
| y 半闭环跟踪误差最大值 | 0.065851 | 1.036140 | 0.064221 |
| y 半闭环跟踪误差方均根值 | 0.022314 | 0.580617 | 0.022606 |

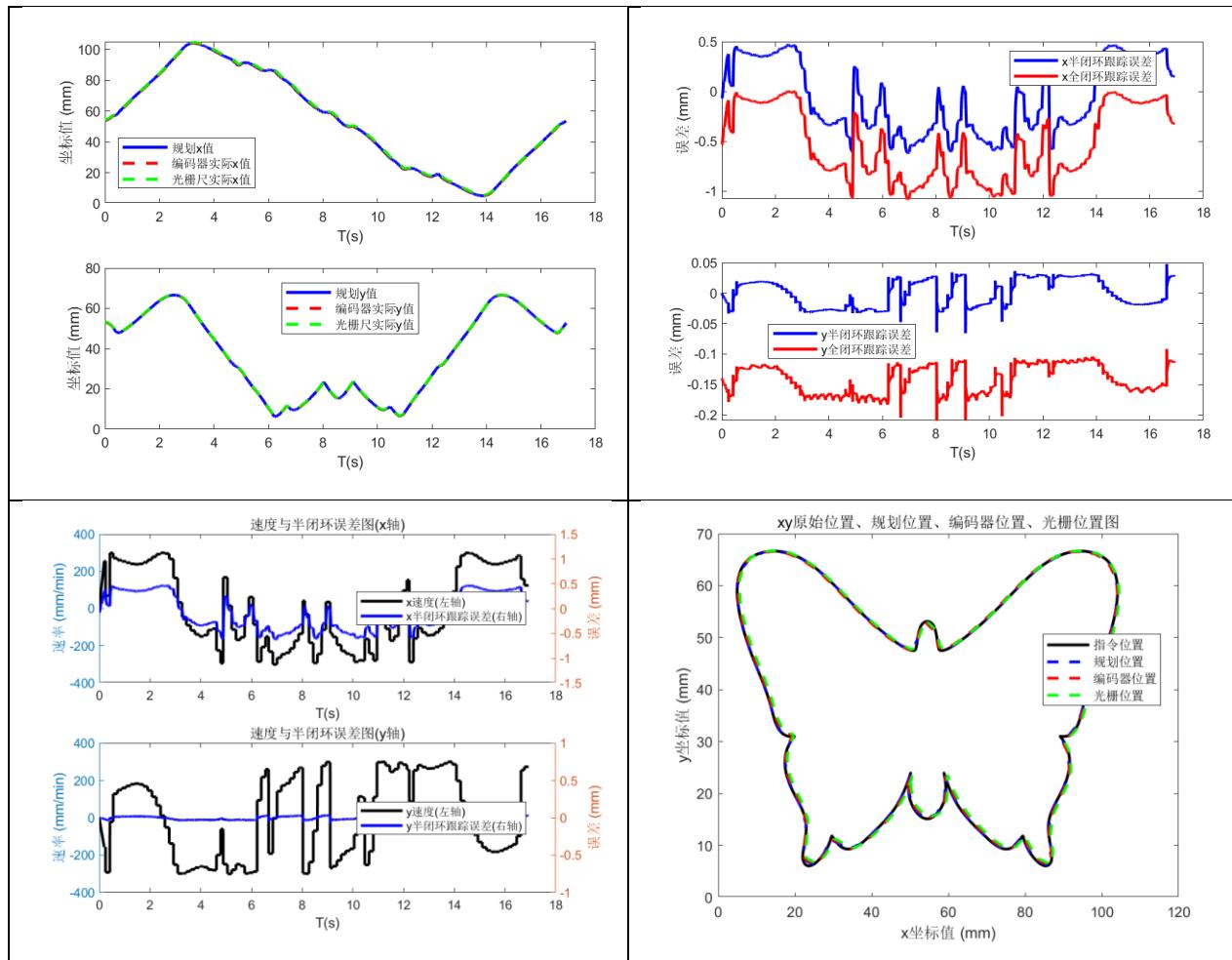
| | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| x 全闭环跟踪误差最大值 | 1.085644 | 1.078640 | 1.071138 |
| x 全闭环跟踪误差方均根值 | 0.649307 | 0.643869 | 0.638305 |
| y 全闭环跟踪误差最大值 | 0.209221 | 1.192640 | 0.208721 |
| y 全闭环跟踪误差方均根值 | 0.143712 | 0.647994 | 0.144093 |
| x 半闭环与全闭环之差最大值 | 0.478000 | 0.503000 | 0.479000 |
| x 半闭环与全闭环之差方均根值 | 0.465480 | 0.490355 | 0.466536 |
| y 半闭环与全闭环之差最大值 | 0.157000 | 0.173500 | 0.159000 |
| y 半闭环与全闭环之差方均根值 | 0.141749 | 0.161736 | 0.141590 |

三、波形绘制与分析

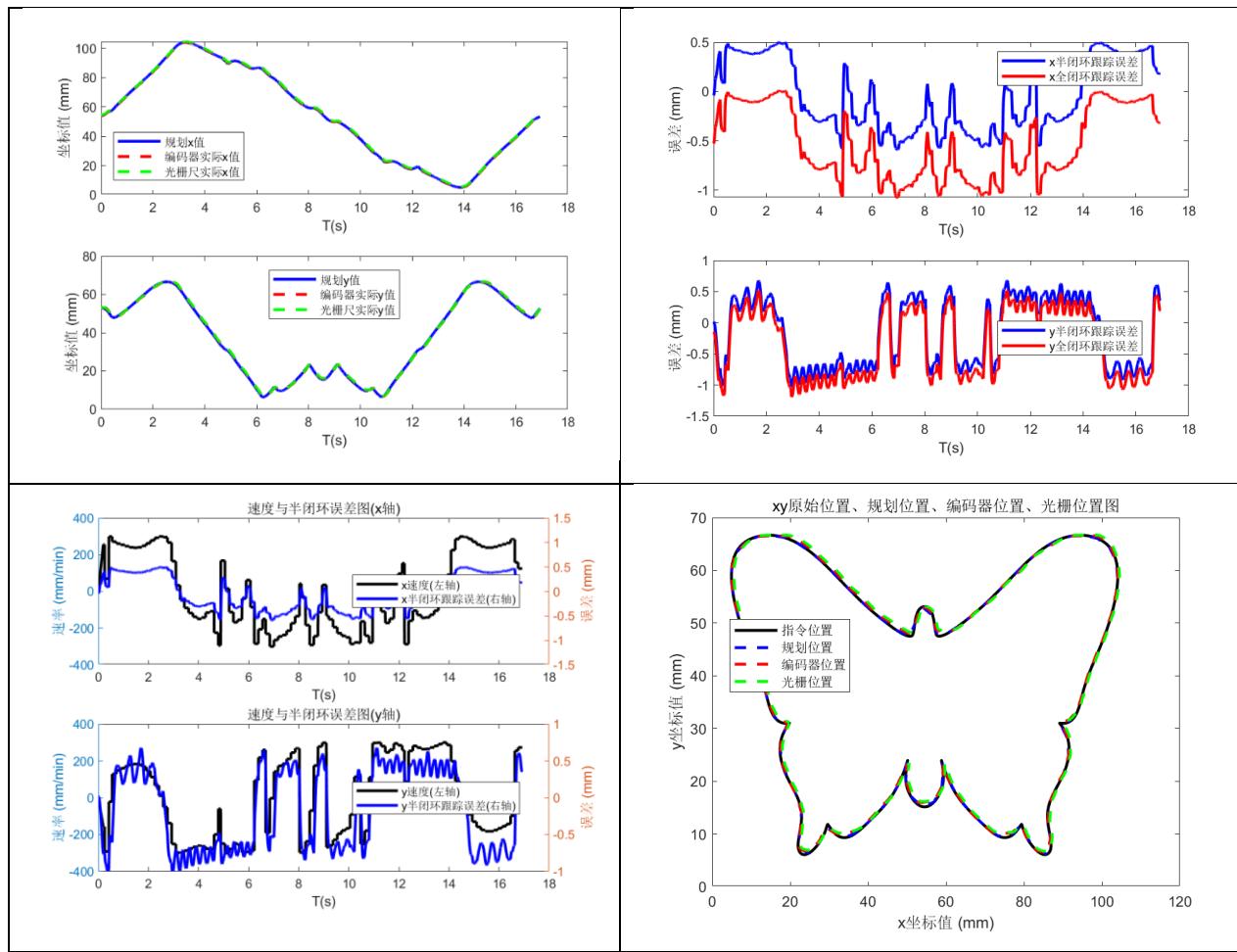
要求如下：

根据实验指导书要求绘制图形，将所绘制的图形记录在此处，注意标注好图形的名称、横纵坐标、单位。为了避免图形数量太多，建议使用“`subplot`”，将需要比较的x、y轴数据绘制在一个`figure`中。结合三种控制的参数的运行结果，对比三组数据曲线差异，并尝试解释其原因是什么？

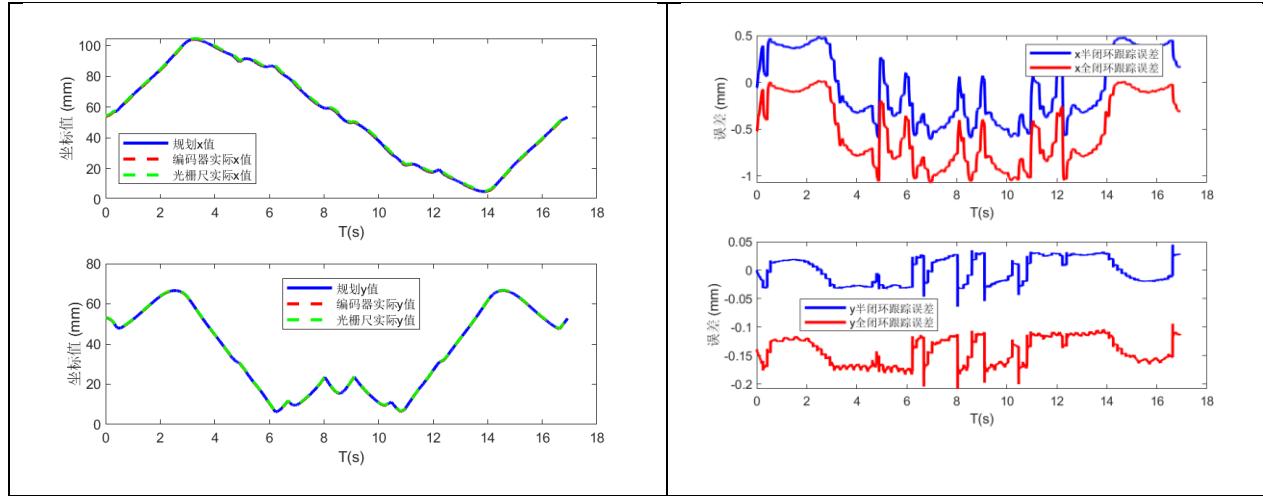
默认控制参数：

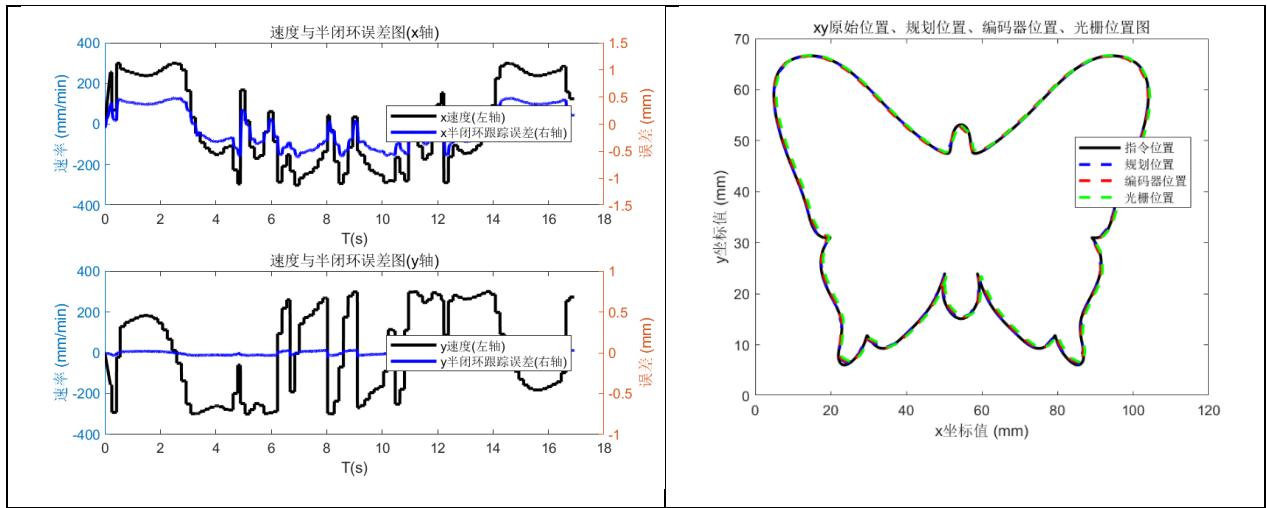


修改后的控制参数：



控制器调参后运行：





对比三组数据曲线差异，并尝试解释原因：

答：（差异）调参前后（默认参数与自行调节的参数），并无显著差别；而默认参数/自行调节参数与修改后的控制参数对比而言，根据修改后的参数进行的控制，所得误差明显较大，且呈现出与速度正相关的趋势，且波动较大（即使在速度稳定时，也围绕着一定值有较大波动）。

（原因）修改后的参数降低了系统的稳定性裕度。例如，过高的比例增益可能导致系统响应过于激进，对误差反应过大，产生超调和持续振荡；积分作用太强会积累过多的“历史误差”，导致系统反应迟缓并引起低频振荡；微分作用能预测趋势并抑制振荡。如果修改后的参数削弱或完全移除了微分作用，系统就会失去这种“阻尼”，从而在速度变化或遇到扰动时产生较大波动。

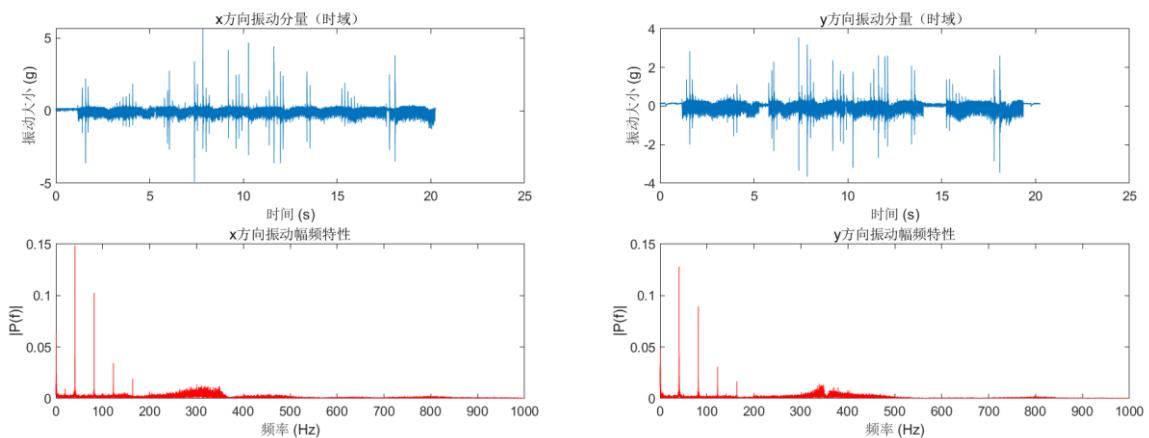
另外，“即使在速度稳定时，也围绕着一定值有较大波动”说明系统对外部扰动非常敏感。修改后的参数可能削弱了控制器抑制扰动的能力，使得任何微小的干扰都会被放大，表现为围绕设定值的持续波动。

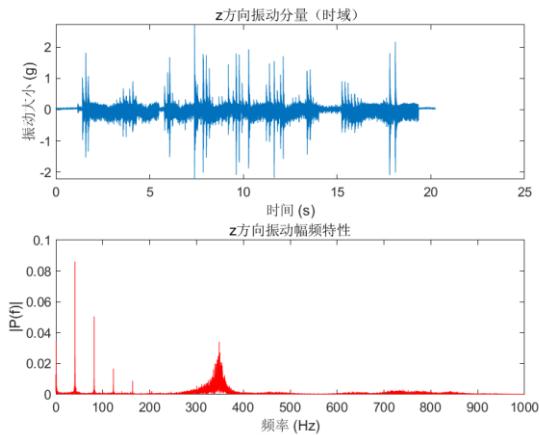
四、测振仪测试结果

要求如下：

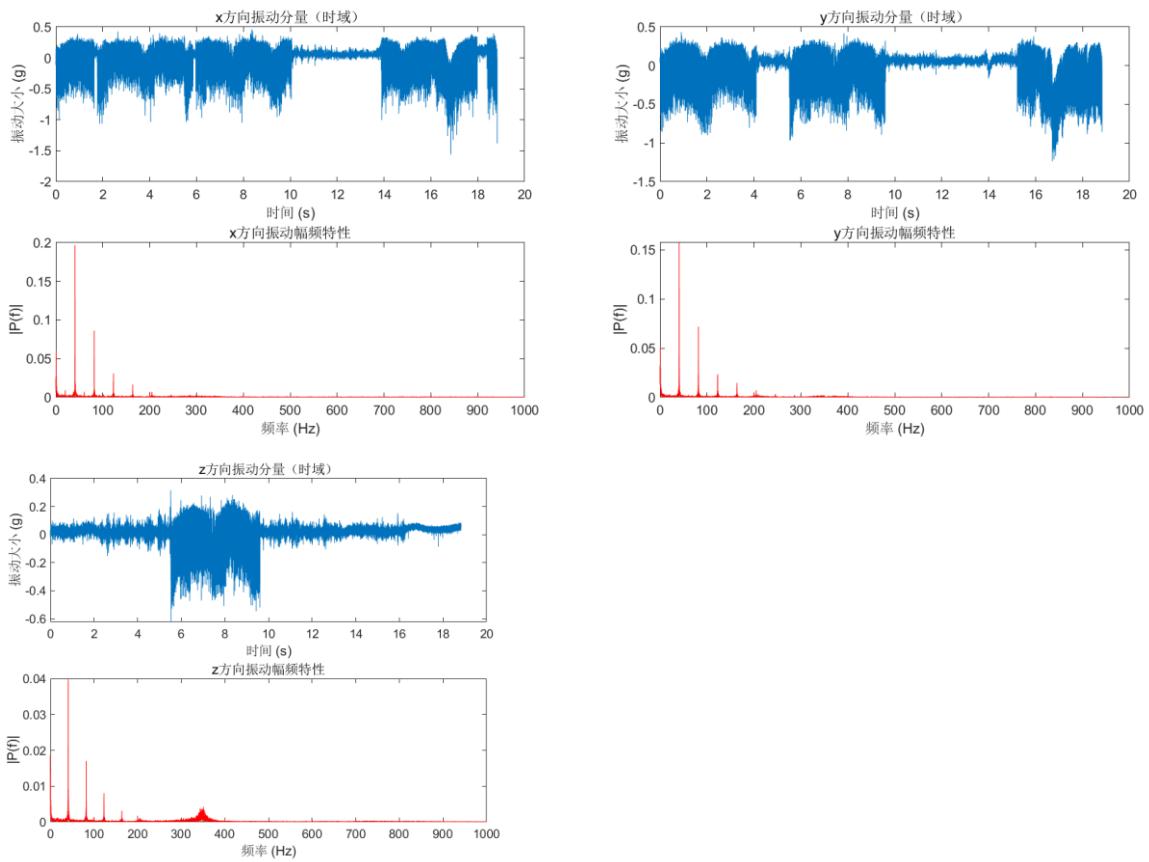
1、将测振仪所测得的xyz三轴信号的时域波形和频域波形记录在此处。

默认控制参数：

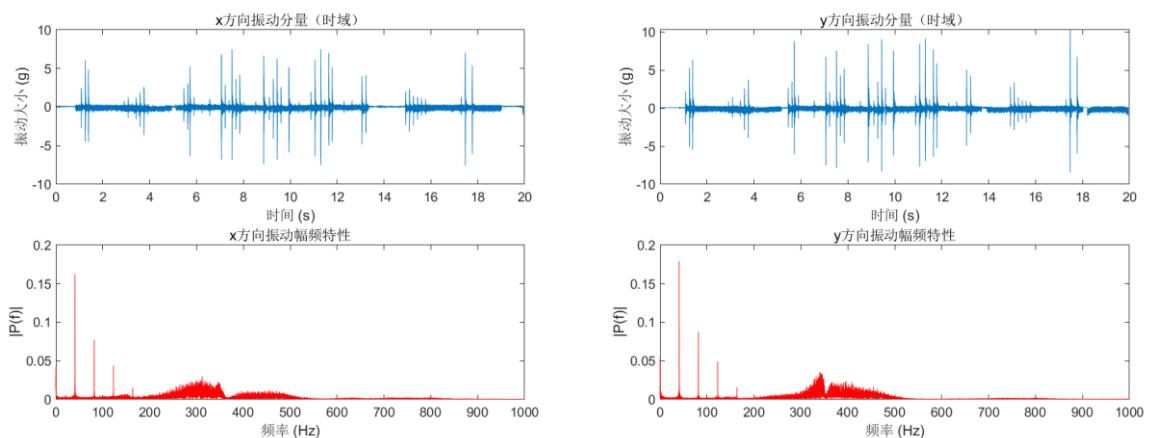


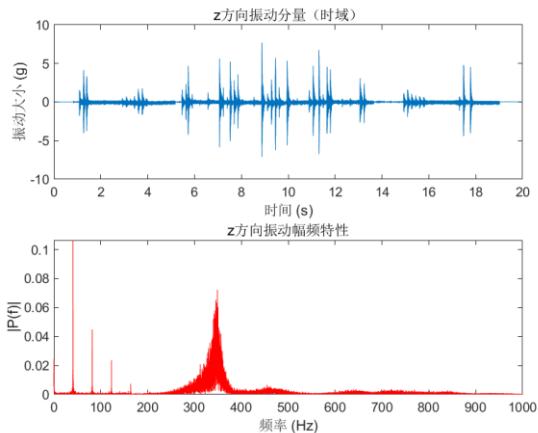


修改后控制参数:



自行调节后参数:





2、分析波形，分别从时域与频域角度分析振动测试波形与xy平台运动的关系，回答下列问题

a. 对比三组不同参数对振动系统的影响。

b. 根据实验结果，你认为优化控制参数时应如何平衡跟踪精度、响应速度与系统振动？给出至少一条具体建议。

答：a. 从时域上看，第二组参数波动最小，尖峰（上下冲）也最小；而第一组和第三组参数都出现了很大的尖峰；从频域上看，第二组参数的频谱比较干净，呈现出线谱的形式，仅分布于较低的几个离散频率；而第一组和第三组的频谱都在较高频率出现集中分布，这也解释了实际实验中的噪音来源。综合来看，第二组参数下，虽然系统跟踪精度不高，但是系统振动也较小；而跟踪精度较高的第一、第三组参数，都导致了系统较为强烈的冲激形式振动。尤其是第三组参数，出现这样的现象，可能是因为其很大的比例和积分增益。

b. 总体原则是：在**保证系统稳定（振动在可接受范围内）的前提下**，根据应用需求，在响应速度和跟踪精度之间进行折衷。比如，在调节 PID 时，从低增益开始，逐步提高控制器的比例增益（P）或带宽，直到系统出现可察觉但可接受的轻微振荡，然后退回 10%~15%，并引入适量的积分（I）和微分（D）进行精细优化。反思我之前的调参过程，未在意瞬态的小幅振动而只关注静差和超调量，这是不合理的。

五、实验心得

要求如下：

说说你在本次实验中遇到的问题与收获

遇到的问题：因为不慎注释了一行 `rectrig "imm;` 而导致绘制不出图形，后来自行解决了；由于漏看了实验指导书中的某些步骤导致调参后切换小线段运行时无法启动机器（比如，位置模式需切换为位置齿轮模式等）。

收获：认真阅读使用手册与实验指导书！

附：调试过程截图

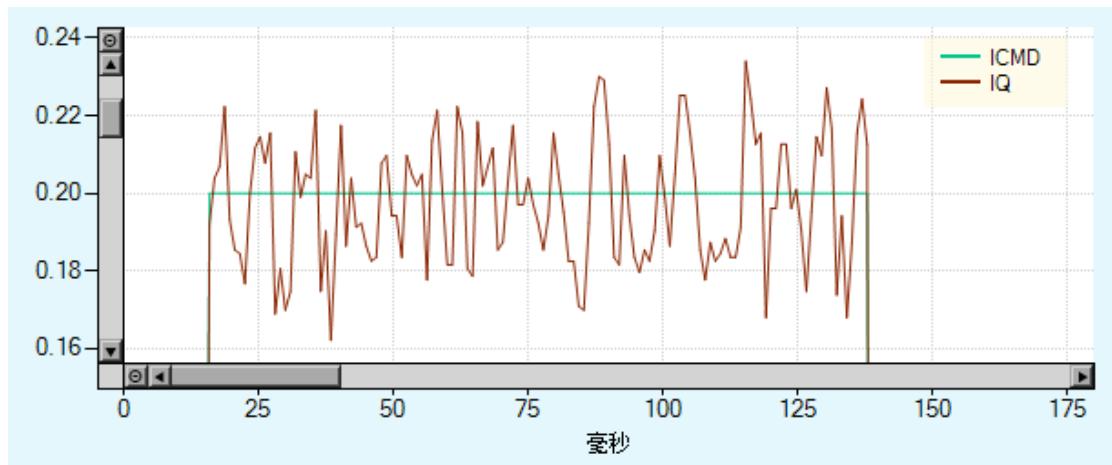


图 1 电流环调参结果 (1、1、1、0.7)

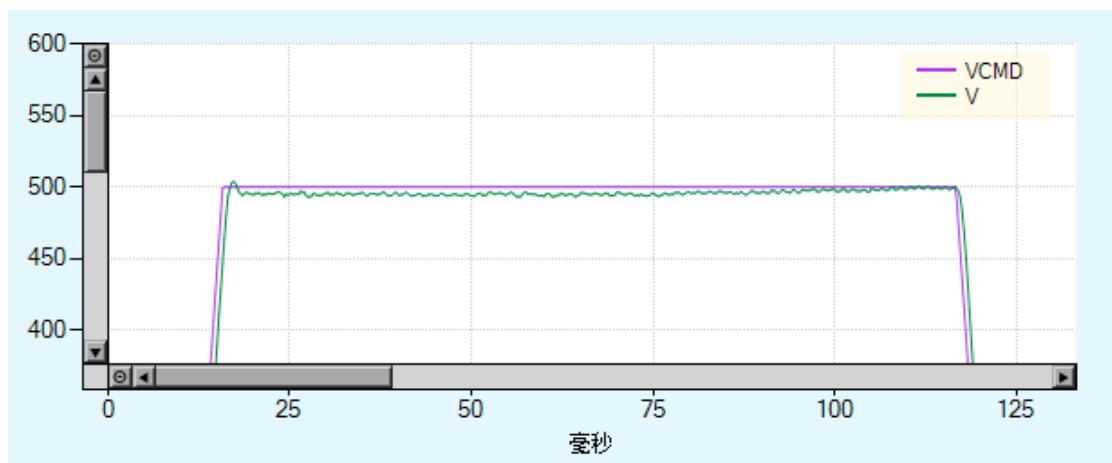


图 2 速度环调参结果 1 (2.2、8、1)

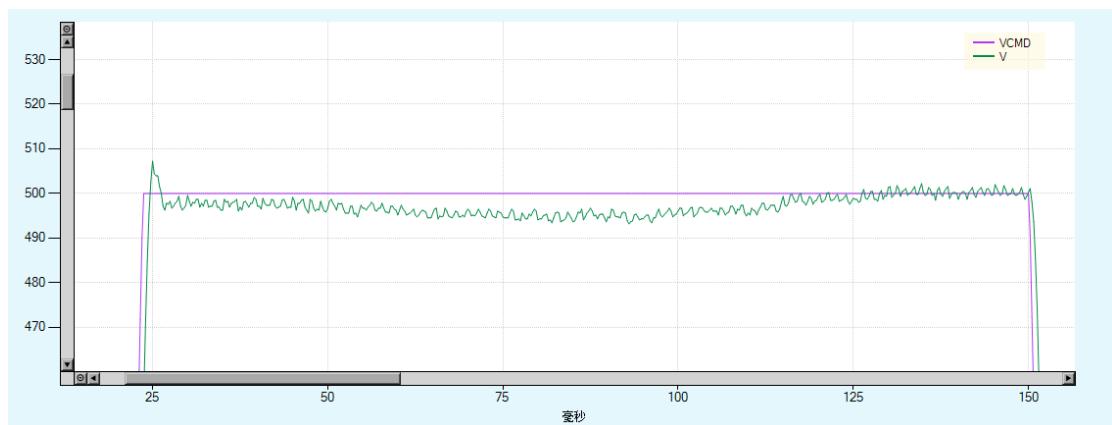


图 3 速度环调参结果 2 (2、15、1)

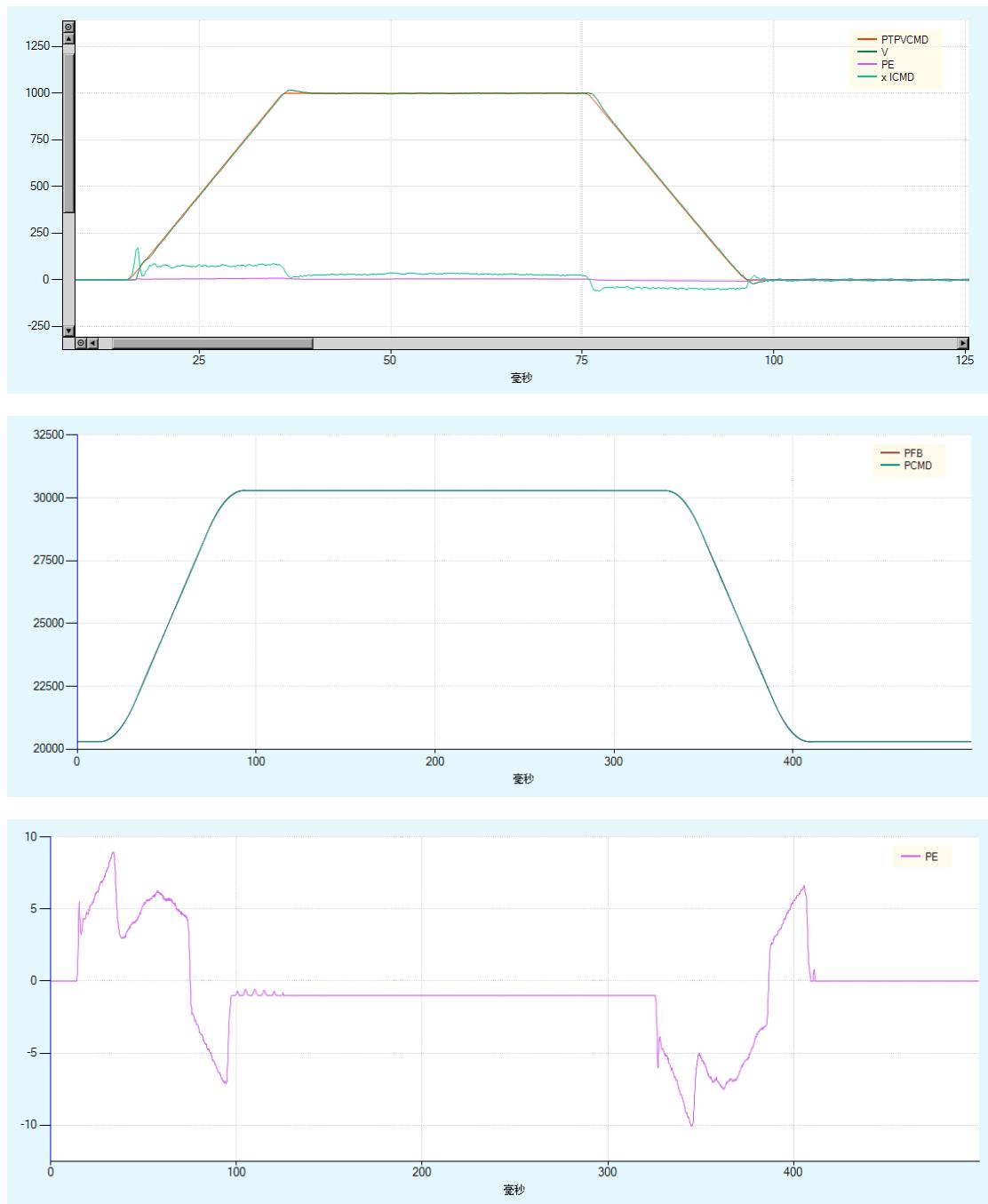


图 4 位置环调参结果