

高创 CDHD 系列驱动器线性调试手册

前言

本手册专为高创 CDHD/LDHD2/CDHD2/2S 系列驱动器使用的线性控制调试手册
驱动器固件版本要求： 2.18.2 及以上。

项目	线性调试手册
手册名称	高创 CDHD 系列驱动器线性调试手册
版本号	V1.0
编制部门	客户服务中心/技术支持部
编制日期	2026-01-21
适用范围	高创 CDHD/LDHD2/CDHD2/2S 系列驱动器
密级	公开资料
配套部件说明	CDHD/LDHD2/CDHD2/2S 系列驱动器、电机等

目录

1. 线性调试概述	4
2. 适用场景	4
3. 控制结构与参数	4
4. 调试流程	6
4.1 核心原则	6
4.2 速度环参数调试	6
4.3 位置环参数调试	9
5. 振点识别与滤波器配置	11
5.1 振点识别方法	11
5.2 滤波器配置	13
5.3 整体优化	14
5.4 异响类型判断	15

1. 线性调试概述

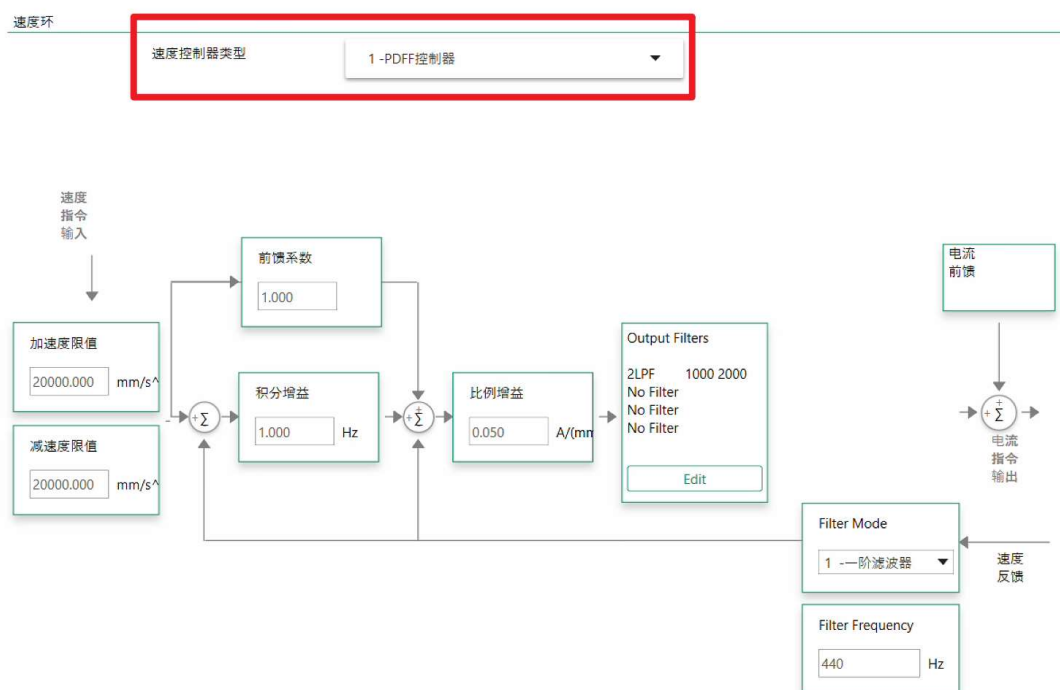
线性调试是一种通用的调试方法，采用**速度环 PDFF + 位置环线性**的控制结构，速度环结构为 PI+前馈，位置环为 P+前馈。

2. 适用场景

- 大惯量、重负载的旋转电机
- 结构复杂的直线电机（如多轴叠加的纠偏平台）
- 双反馈（全闭环）系统、压力闭环应用
- 驱动器只做速度控制（如模拟速度、总线轮廓速度 PV、总线同步速度 CSV）

3. 控制结构与参数

速度环选择 **1-PDFF 控制器**，主要由速度环比例增益(KVP)、速度环积分增益(KVI)和速度环前馈(KVFR)及输出滤波器构成。



速度环参数（PDF）

参数	名称	功能
KVP	速度环比例增益	提高系统刚性，增加响应速度
KVI	速度环积分增益	消除稳态误差，影响到位精度
KVFR	速度环前馈	提高响应，降低加减速误差
VELFILTRQ	速度反馈低通滤波	平滑速度反馈信号、抑制高频噪声

速度环输出滤波器参数

隐藏

Filter #1

输出滤波器模式

2 -两个低通滤波器

截止

1000 Hz

截止

2000 Hz

Filter #2

输出滤波器模式

0 -No Filter

Filter #3

输出滤波器模式

0 -No Filter

Filter #4

输出滤波器模式

0 -No Filter

默认配置为一个双一阶低通滤波器，截止频率为 1000Hz 和 2000Hz

- 可以选择：
- 1.一阶低通
 - 2.双一阶低通
 - 3.陷波器
 - 5.双二阶滤波器
 - 7.高级陷波器
 - 8.二阶低通（只能设置在 3 号和 4 号位置）

低通滤波器：一般应对电机噪声较大但无明显共振的情况或抑制高频共振。

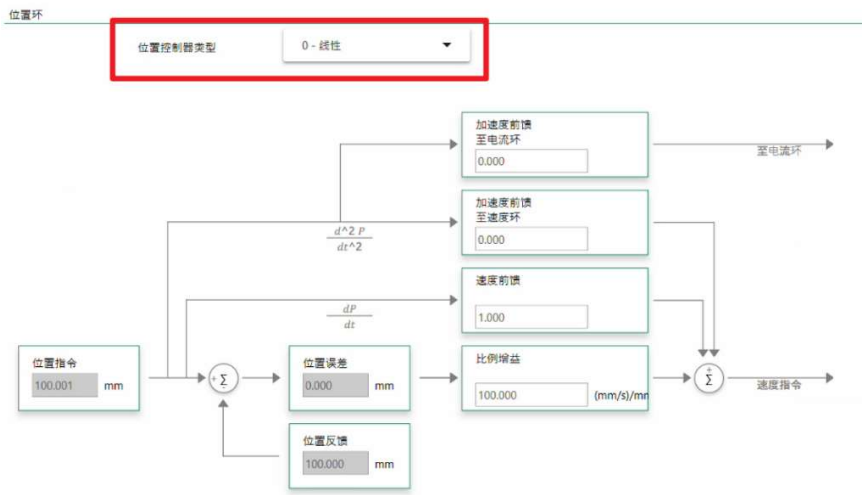
陷波滤波器：处理固定频率共振。

需要注意 CDHD 标准固件仅支持一个速度环输出滤波器，HDM 固件支持两个速度环输出滤波器，LDHD2/CDHD2/2S 目前的固件支持四个速度环输出滤波器。

位置环选择 **0-线性控制器**，主要由位置环比例增益(KPP)、位置环前馈(KPVFR)、加到速度环的加速度前馈(KPAFRV)、加到电流环的加速度前馈(KPAFRC)构成。

位置环参数（线性）

参数	名称	功能
KPP	位置环比例增益	提高响应，减小位置误差
KPVFR	位置环速度前馈	减小跟踪误差
KPAFRV	加速度前馈（速度环）	降低加减速段位置误差
KPAFRC	加速度前馈（电流环）	降低加减速段位置误差



4. 调试流程

4.1 核心原则

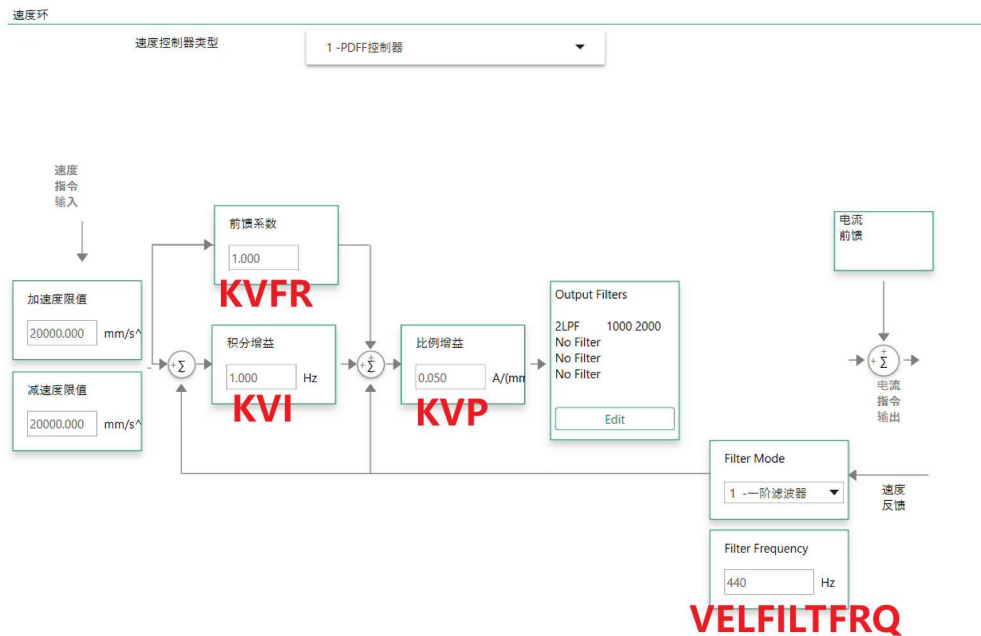
1. 务必在线性调试前保证驱动器已导入/设置了正确的电机参数，通过了电机校验步骤，或可以确定电机相序相位角均设置正确，或在 HD 模式下可正常运行不报错。
2. 先调速度环，再调位置环；先给较低的增益，逐步增加，异响时酌情添加滤波器；
3. 若对线性调试不熟悉，调试速度环参数时可将控制模式选为串行速度再进行调试，调试位置环参数时再换回串行位置。

4.2 速度环参数调试

初始值

- KVFR = 1 ;速度环前馈：先使用最大前馈，后续再优化
- KVP = 0.05 ;速度环比例增益：伺服电机用1，直线电机用0.05
- KVI = 1 ;速度环积分增益：从较小值开始
- FILTMODE = 2 ;双一阶低通，最通用

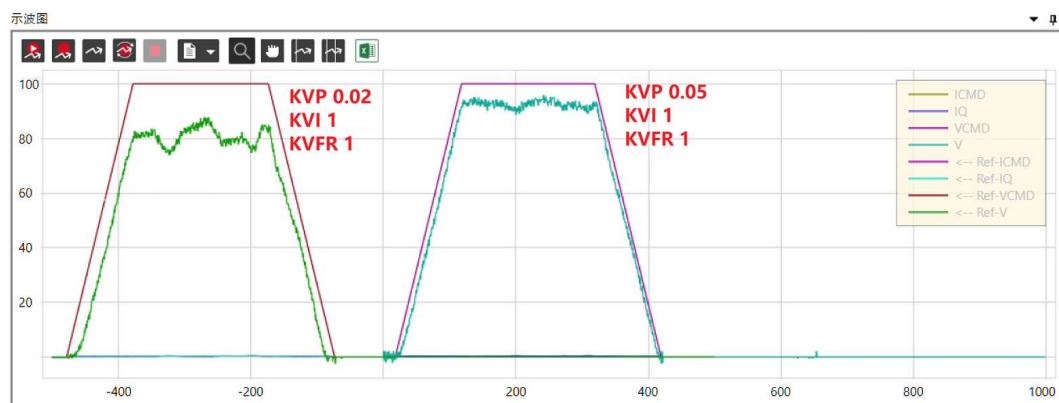
FILTHZ1 = 1000 ;第一截止频率
 FILTHZ2 = 2000 ;第二截止频率 (必须>FILTHZ1)
 VELFILTRQ = 440 ;速度反馈滤波, 默认 440Hz, 反馈质量好时加大, 断使能修改



KVP 调试（速度环比例增益）

方法：从初始值递增，步距 0.5-5（伺服）或 0.05（直线）

监控变量：VCMD（速度指令）、V（实际速度）、ICMD（电流指令）IQ（实际电流）



加大 KVP 后可以看到 V 更加贴合 VCMD，但无法通过增加 KVP 完全消除稳态误差，增加 KVP 到稳态误差接近恒定且电机无异响即可。

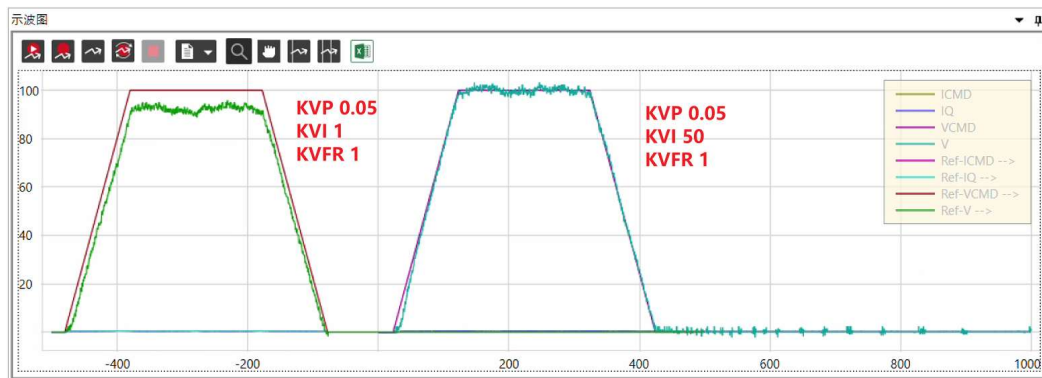
判断标准：

现象	原因	处理
V 跟随 VCMD 慢，响应滞后	KVP 过低	增大 KVP
V 与 VCMD 贴合好，响应快	KVP 适当	保持
V/IQ 出现抖动，电机异响	KVP 过高	降低 KVP

经验：KVP 决定电机能否正常运动无晃动异响。一般电机越大、负载越重，KVP 应越大，直线电机一般小于 0.5，旋转电机一般大于 1。

KVI 调试（速度环积分增益）

方法：从 1 或 10 开始递增



增大 KVI 后可以看到稳态误差消失，V 完全贴合 VCMD

判断标准：

- 消除稳态误差，缩短整定时间
- 过大会导致电机抖动和电流声

与 KVFR 的配合：

- KVI 和 KVFR 作用叠加，调整时需相互协调
- 点到点应用建议 KVFR 固定为 **0.8 或 0.9**，然后调整 KVI，可获得更短的到位时间。

KVFR 调试（速度环前馈）

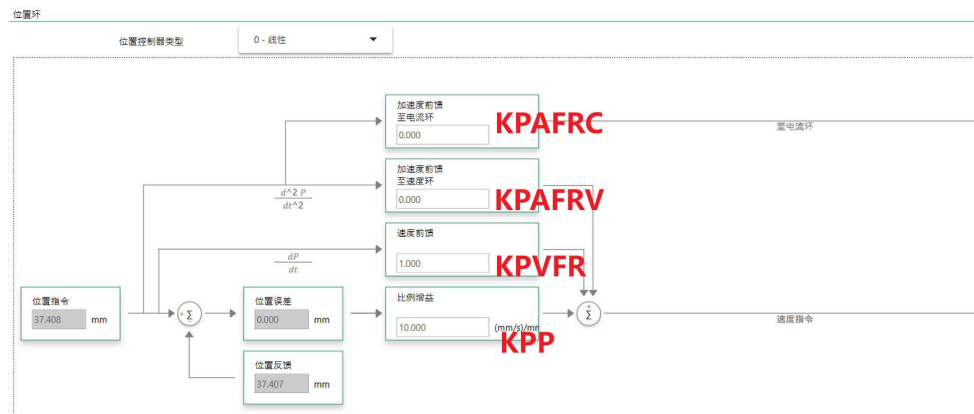
优化方法：

- 初始设为 1（最大前馈）
- 点到点应用建议固定为 **0.8 或 0.9**，然后调整 KVI
- 位置控制时 KVFR 建议大于 **>0.7**，太低会导致系统失稳抖动

4.3 位置环参数调试

初始值

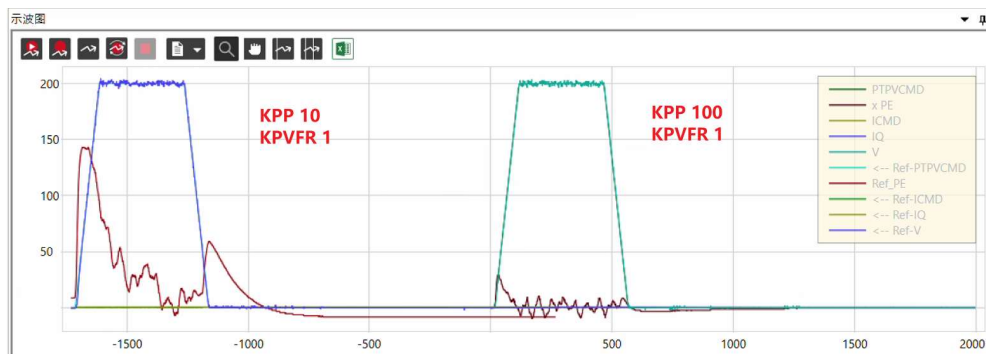
KPVFR = 1 ; 位置环速度前馈; 先使用最大前馈, 后续再优化
KPP = 10 ; 位置比例增益, 从较小的值逐步增大
KPAFRC = 0 ; 加到电流环的加速度前馈
KPAFRV = 0 ; 加到速度环的加速度前馈



KPP 调试（位置环比例增益）

方法：从 10 开始，每次增加 20

监控变量：PTPVCMD（位置速度指令）、PE（位置误差）、ICMD（电流指令）、IQ（实际电流）、V（实际速度）

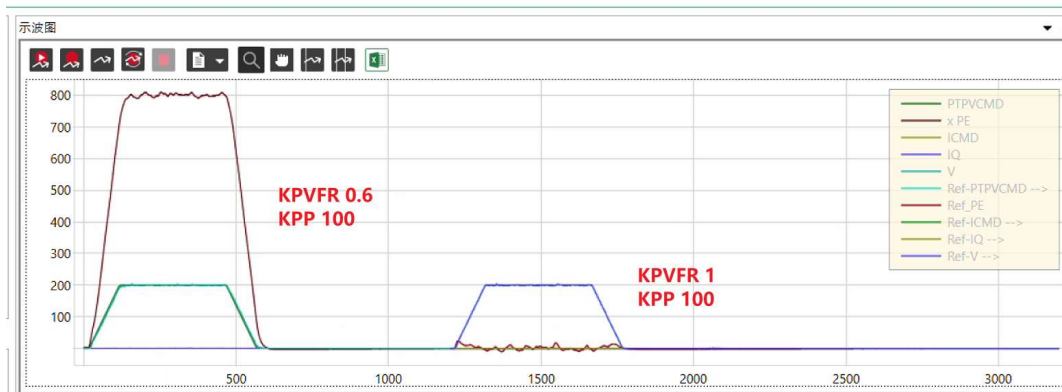


KPP 从 10 加到 100，明显看到位置误差 PE 大幅减小。

判断标准：

- PE 尽可能小，响应快
- 无超调和震荡
- 注意：负载越重，惯量越大，KPP 反而不能给太大，否则到位容易抖动

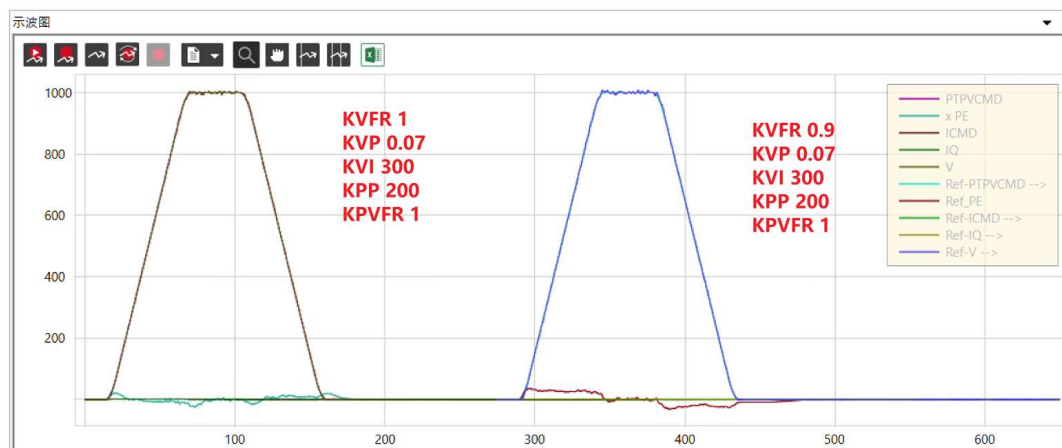
KPVFR 调试（位置环速度前馈）



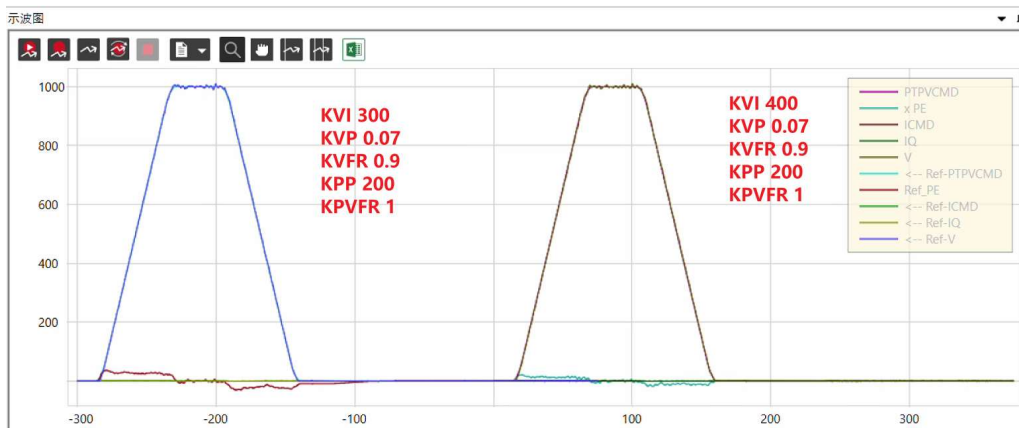
曲线中可以看到，KPVFR 为 1 时运动过程中的位置误差 PE 很小，KPVFR 为 0.6 时运动过程中的较大。

- 点到点应用：可以不设置为 1，重负载大惯量场合下建议设置小于 1，否则到位容易抖动
- 轨迹运动（插补）：设为 1，使匀速阶段 PE 最小，设为 1 后若加减速 PE 仍大，再调 KPAFRV 和 KPAFRC，**需要注意 KVFR=1 时 KPAFRC、KPAFRV 不生效。**

在位置模式下除优化位置环参数，也可同步优化速度环参数：



图中 KVFR 从 1 变为 0.9，可明显看到加减速误差变大，且变为近似矩形的形状。



可以看到增大 KVI 后到位时的位置误差明显收敛更快，运动完成时便收敛为 0

5. 振点识别与滤波器配置

5.1 振点识别方法

方法一：FFT 变换（快速傅里叶变换）

适用场景：已有异响，快速定位频率

操作步骤：

1. 设置记录参数：

- 时间间隔：决定 FFT 频率范围
 - 间隔 8，最大可识别 2KHz
 - 间隔 16，最大可识别 1KHz
 - 间隔 32，最大可识别 500Hz

2. 采集数据：

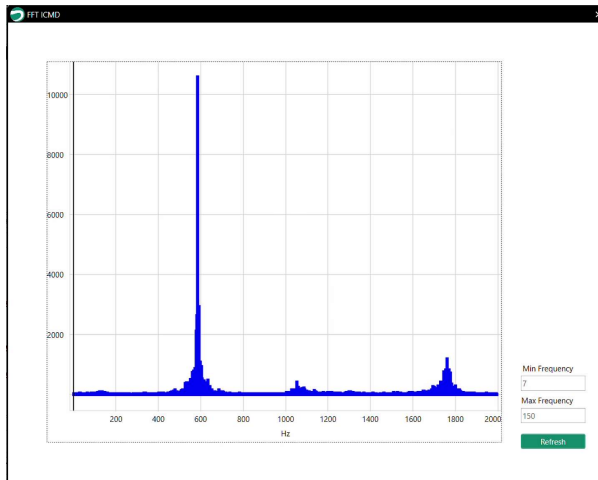
- 专家/示波图界面右侧设置记录变量
- 点击记录按钮，上位机短距离点动电机或出现异响后立即采集曲线

3. FFT 分析：

- 示波图像右键 → 【添加控制轨迹】 → 【添加轨迹的 FFT】或框选振动部分 → 【添加光标间轨迹的 FFT】
- 选择 **ICMD**（电流指令）做 FFT

4. 读取振点：

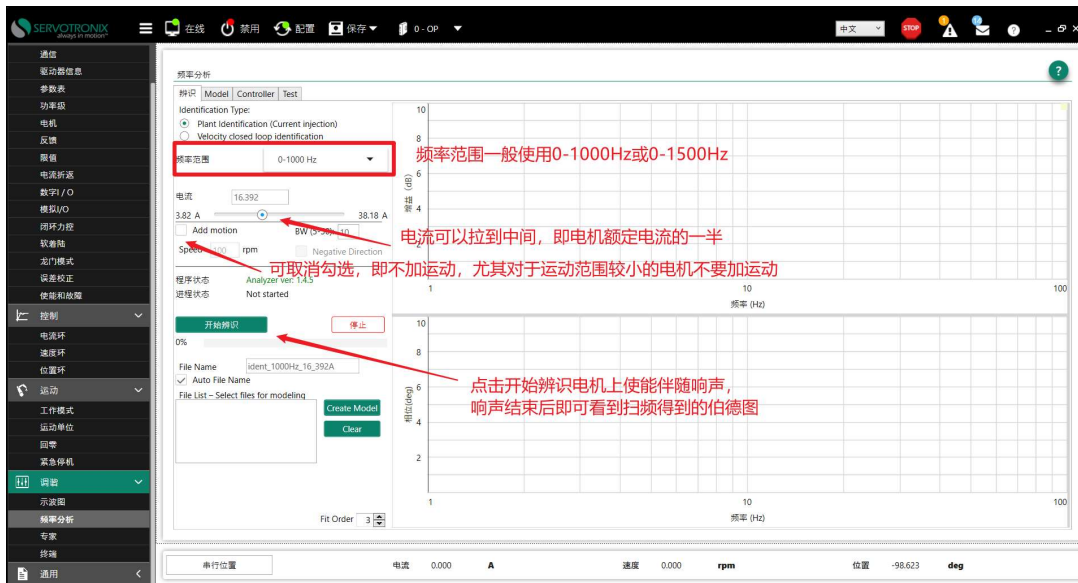
- 双击图像最大化
- 明显突起位置即为振点频率

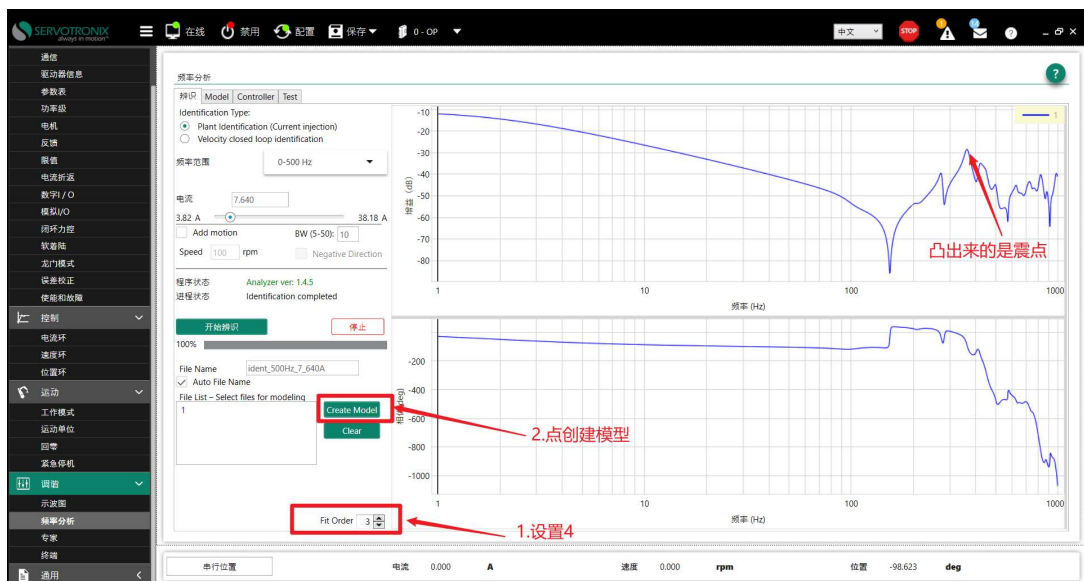


双击图像使显示范围最大，查看明显突起的位置即为振点，右图中可以看到振动频率为 **586Hz**。

方法二：电流开环扫频

该方法需要自行安装 MATLAB runtime 包，可通过频率分析界面链接下载





曲线中突出较大的位置是谐振点，可以直接将振点填入陷波器中心，带宽可设置为中心的一半，比如上图中凸出较大的位置是 367Hz 则将 367 设置为陷波器中心，将陷波器带宽设置为 183Hz。

5.2 滤波器配置

低通滤波器（应对电机噪声较大但无明显共振的情况）

模式	类型	滚降斜率	相位延迟	应用场景
1	一阶低通	-20dB/十倍频	小	电机噪声较大但无明显共振
2	双一阶低通	-40dB/十倍频	中等	默认配置，适合大多数场合
8	二阶低通	-40dB/十倍频	可调	需平衡高频抑制与动态响应

二阶低通阻尼系数设置（FILTHZ2 = 阻尼×1000）：

- $\zeta=0.707$ （设 707）：兼顾响应与平滑，推荐默认
- $\zeta>1$ （设 1000+）：过阻尼，相位滞后小，抑制变弱
- $\zeta<0.707$ （设 500-）：欠阻尼，相位滞后大，抑制更强

低通滤波器参数配置：

低通滤波器：即允许低于截止频率的信号通过，滤除高频噪声。

应用：电机噪声较大但无明显共振

线性默认为双一阶低通滤波器，默认为 1000/2000Hz，若运行噪音大且无明显共振可适当降低，如降低至 800/1500Hz 或 500/1000Hz，需要注意截止频率 2 要始终大于截止频率 1。

注意：过低的截止频率会带来较大的相位滞后，限制速度环带宽，或导致环路失稳，使用时需要权衡噪音与稳定性。

陷波滤波器（处理固定频率共振）

模式	类型	相位变化	特点	应用场景
3	标准陷波器	90°	抑制深度大	固定共振频率，相位裕度充足
7	高级陷波器	50°	相位影响小	高增益系统，相位敏感场合，共振频率较低（200-350Hz）的场合

陷波器参数配置

Center（陷波器中心频率）设置为振动频率

BW（陷波器带宽）可设置为震动频率的一半

若震动频率为 500Hz, 则陷波器中心填 500，带宽填 250

注意：陷波器主要针对>300Hz 的高频振动，低频振动（小于 200Hz）优先检查机械结构或降低增益。

速度反馈低通滤波器 VELFILTRQ

作用：平滑速度反馈信号、抑制高频噪声

值越小：滤波越强，速度反馈信号越平滑，但响应变慢，可能引入相位滞后，影响速度环的稳定性，尤其在高速或高增益系统中。

值越大：滤波越弱，响应越快，但噪声抑制效果变差，高增益场合下建议加大，加大可以减少相位滞后，从而允许提高速度控制器增益来实现更高的速度闭环带宽。

实际使用时需要在噪声抑制与响应速度之间权衡

默认 440Hz，一般对于反馈质量好的光栅尺，可增大到 800-1500Hz 甚至更高，对于反馈毛刺较大的磁栅尺，可根据实际情况保持默认或减小

5.3 整体优化

关键原则：滤波器会引入相位滞后，需与增益配合调整

优化流程：

1. 识别振点 → 2. 添加陷波器 → 3. 重新优化 KVP/KVI

避免过度滤波：

- 过多或过高的滤波器会降低系统响应
- 应在噪声抑制与响应速度间平衡

- 结构复杂的机械（如多轴纠偏平台）不同位置振点可能不同，需**多点扫频综合分析**

5.4 异响类型判断

判断依据	增益过高	机械共振
异响频率	随增益变化，多为 200 多 Hz	固定频率
电流开环扫频	伯德图无异响频率振点	伯德图有相同频率振点
速度闭环扫频	中段明显翘起	未加滤波器时有相同振点
降低增益	效果明显	效果有限，需降很多
加限波器	无效或效果有限	明显抑制