

---

# GTHD 参数设置和 调试流程

---

V1.0

2016.03



## 修订历史

版本	日期	摘要
1.0	2016 年 3 月	调试手册编辑

## 重要说明

文档供 GTHD 调试使用参考用，如想了解 GTHD 详细参数说明，请参考《GTHD 使用手册》。如对本文档有疑问，请联系 [support@googoltech.com](mailto:support@googoltech.com)

# 目录

第 1 章	参数恢复及调试流程	1
1.1	参数恢复	1
1.2	调试流程	2
第 2 章	电机参数设置	5
2.1	电机参数	5
2.1.1	旋转电机参数	7
2.1.2	直线电机参数	8
2.2	电机反馈	9
2.2.1	编码器参数	9
2.2.2	霍尔传感器	10
2.2.3	寻相过程	10
2.2.4	编码器仿真	11
2.3	设置限制	11
2.4	设置折返保护	12
2.5	设置制动模式	14
2.6	数字量输入输出设置	15
2.7	总结	17
第 3 章	电机性能调试	18
3.1	电流环调试	18
3.1.1	电机识别	19
3.1.2	手动配置定相参数	20
3.1.3	电流环性能校验	23
3.2	自整定位置环增益	23
3.3	手动调试位置环增益	25
3.4	位置环性能调试经验	28
3.4.1	电机声音调试	28
3.4.2	平滑参数设置	28
3.4.3	抑振参数设置	30
3.5	总结	33
第 4 章	控制模式设置	34
4.1	GTHD 控制算法概述	34
4.2	串口电流模式	35
4.3	串口速度模式	36

---

4.4	位置控制模式.....	36
4.5	电子齿轮控制模式.....	37
4.6	CANOpen/EtherCAT 总线控制模式 .....	39
4.7	总结.....	39
第 5 章	常见报警处理 .....	40
5.1	GTHD 报警代码 .....	40
5.2	GTHD 报警处理 .....	41
5.2.1	逻辑电报警.....	41
5.2.2	编码器报警.....	41
5.2.3	运动过程报警.....	42
5.2.4	驱动器设置报警.....	43
5.3	总结.....	44
第 6 章	应用经验 .....	45
6.1	直角坐标机械手.....	45
6.2	6R 关节机械手.....	46
附录 I	GTHD 配 FagorMP 型光栅尺参数说明 .....	50

---

# 第 1 章 参数恢复及调试流程

准备调试驱动前，首先要做的是做好外围电机、编码器等接线，接线主要包括，驱动功率电路输入电 L1、L2，控制电路输入电 L1C、L2C、L3C，电机 UVW 三相线，电机编码器反馈线。反馈线中如果有霍尔（hall）信号的也一并接上。并且注意如果调试的是新电机、没有相关参数，建议空载调试，避免飞车或者其它意外以保证设备安全。

## 1.1 参数恢复

有关驱动参数以及驱动参数保存信息，请参考《GTHD 使用手册》“驱动器参数”这一章节，以下仅述驱动参数备份操作过程。

如果有该电机的 ssv 格式的备份参数文件，点击 ServoITE 侧边栏，选择“备份和恢复”选项，进入页面，如图 1-1 所示。单击“恢复”按钮，选择参数保存路径，如图 1-2 所示。点击“打开”，参数即自动恢复到驱动内存区。

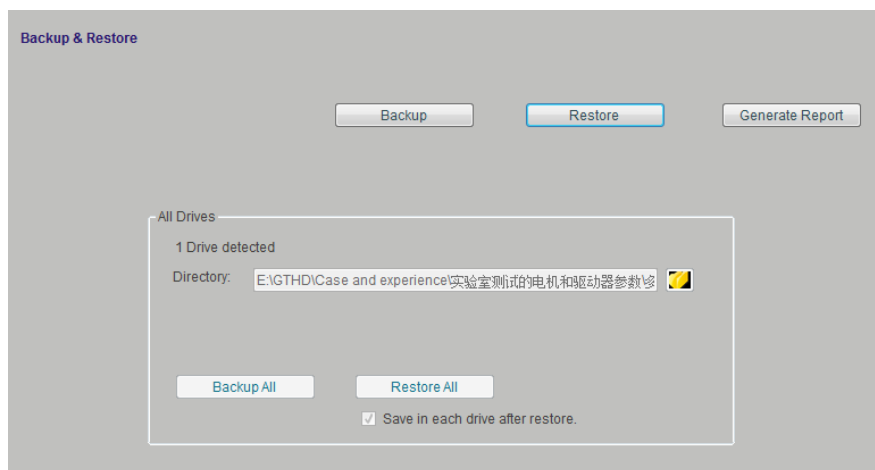


图 1-1 参数备份恢复页面

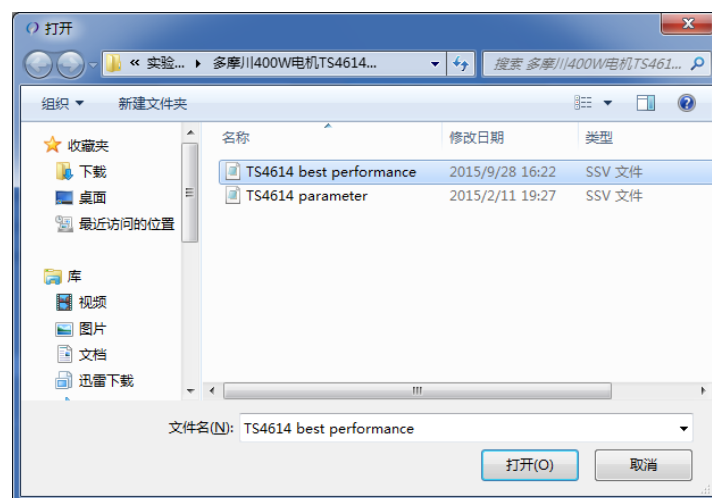


图 1-2 参数备份恢复链接页面

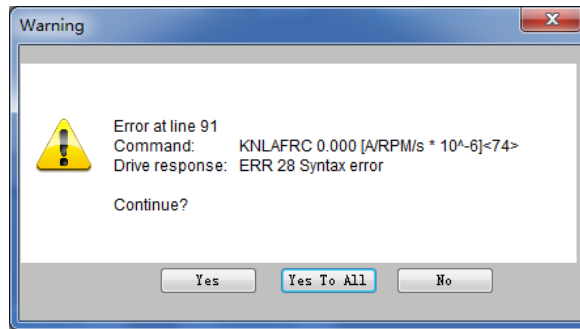


图 1-3 参数恢复报警页面

参数恢复过程中，如出现如图 1-3 所示报警界面，可点击“**Yes To All**”忽略报警，直至页面下方绿色进度条满格，表明参数已完整写入驱动内存中，如图 1-4 所示。最后点击“**save**”按钮，避免部分参数未保存。



图 1-4 参数恢复进度条

参数恢复完成后，需检查电机参数、电流环参数、位置环增益参数等，防止因驱动固件版本不一致导致参数丢失。如有参数丢失，可手动输入，或直接联系固高技术支持工程师。

## 1.2 调试流程

在没有备份参数，即调试新电机的情况下，需要从电机厂商获取电机参数并通过 ServoITE 软件写入驱动中，首先进行电流环调试和校验，

电流环调试无误后进入位置环，先整定后调试，最后按照控制方式设置驱动控制模式。调试主要分为以下几步：

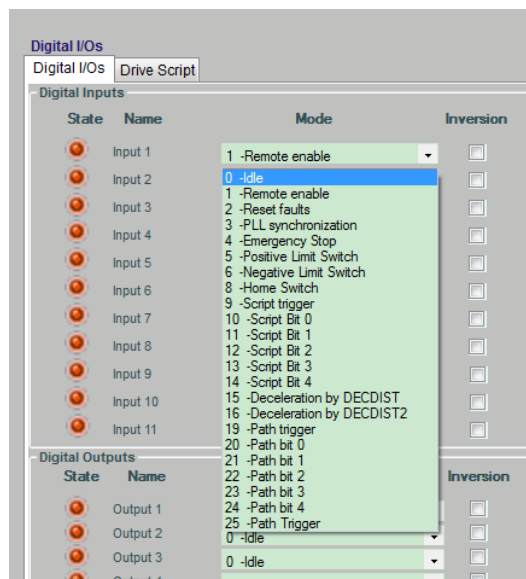


图 1-5 远程使能设置

(1) 取消远程使能。调试前进入 ServoITE 软件界面，点击“Digital I/Os”，进

入数字量输入输出设置界面，将默认远程使能“remote enable”取消掉，设置成 idle，如图 1-5 所示。远程使能是将控制器的使能控制权限交给数字量输入量控制，比如脉冲控制和模拟量控制都是通过远程控制控制驱动器。在驱动调试阶段，需将使能控制权限设置为软件控制，取消远程使能。驱动调试结束后，再根据硬件接线定义配置远程使能。

(2) 设置电机参数。将额定电流、反馈分辨率等电机参数输入到驱动中。

(3) 电机识别并调试电流环。参数设置完成之后，先进入“motor setup”做电机识别，如电机识别失败，需手动测试电机相序 mfbdir 和相角 mphase，最后用电流环脚本程序校验。

(4) 调试位置环参数（速度环参数）。完成第（2）步，电流环调试结束，如位置环（速度环）控制算法使用 HD 算法，该算法整合了速度环和位置环于一体，可不必专门调试速度环参数，只用 HD 算法在位置环调试，参数调试结束后，速度环控制算法设置为 HD 算法即可。如驱动工作在速度环，且速度环控制算法为 PI 控制、PDF 控制等算法，则需调试速度环参数。

(5) 设置运动模式。参数调试结束后，设置驱动工作模式，即可配合控制器工作。图 1-6 显示 GTHD 整体调试流程。

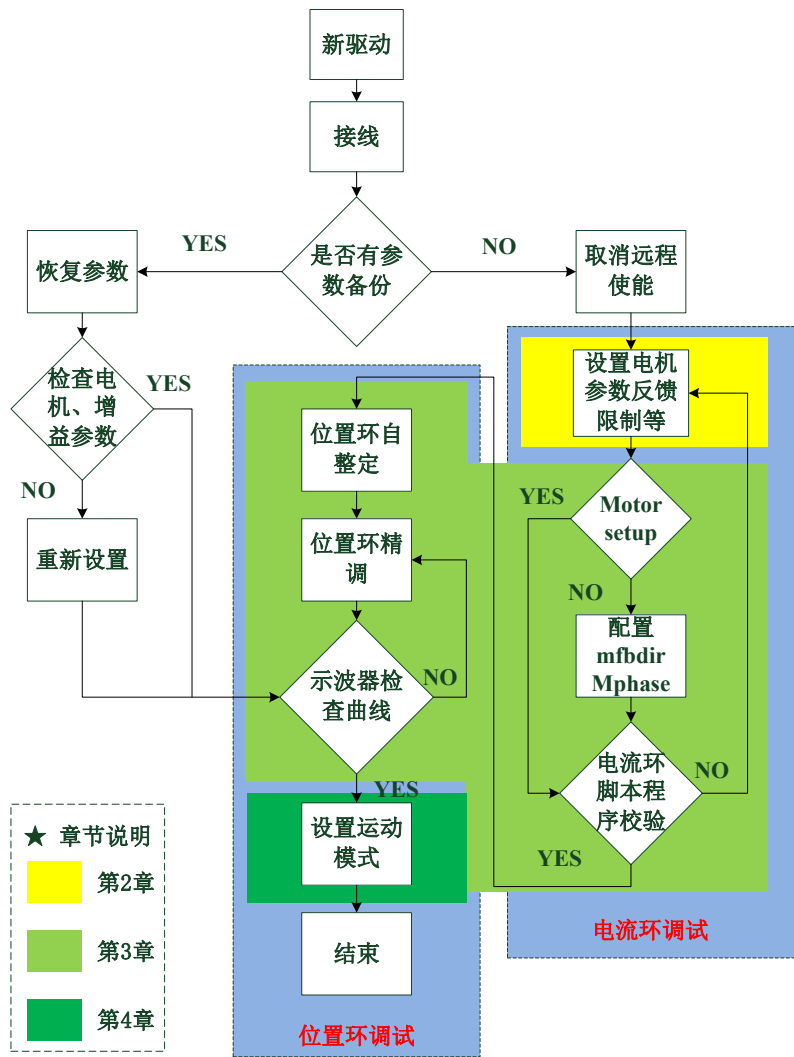


图 1-6 GTHD 调试流程



## 第 2 章 电机参数设置

推荐电机参数配置流程如图 2-1 所示。其中连接、电机功率、驱动信息这三部分参数只供客户熟悉驱动，无需设置参数，本章不做详细说明。如详细了解，可参考《GTHD 用户手册》“驱动器配置”这一章节。

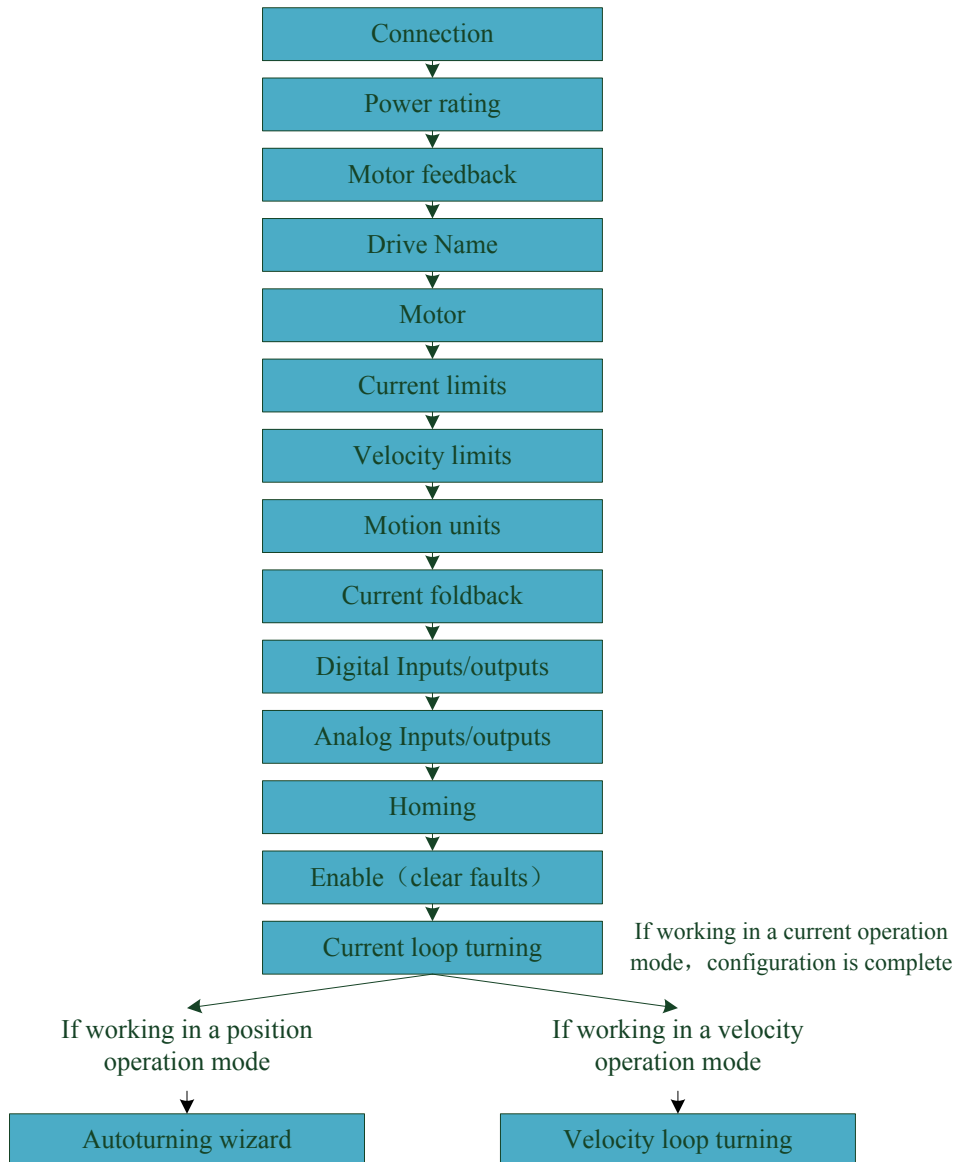


图 2-1 电机参数设置流程

### 2.1 电机参数

电机参数设置在侧边栏的“电机”选项中。点击“新电机”控件，即可进入电机参数设置，如图 2-2 所示。

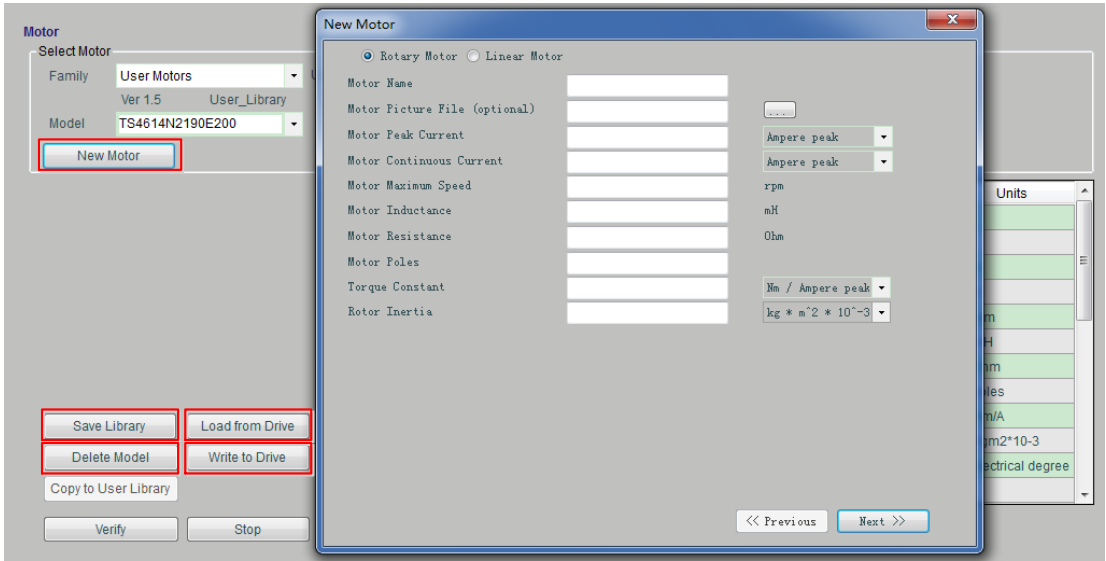


图 2-2 电机参数设置界面

对电机参数设置界面控件作表 2-1 所示说明。

表 2-1 电机参数界面控件含义

控件名称	含义
新建电机	建立新的电机型号所对应的电机数据库
保存电机型号	用户新建电机参数的所有内容保存到用户电机库中
删除型号	从用户电机库中删除当前显示的电机以及电机参数
从驱动器读取	显示驱动器电机参数值
写入驱动器	所有显示的参数写入到驱动器，如果修改了参数值，可以按回车键发送新值到驱动器
验证	启动一个自动设定与换向参数的过程，作用类似于 motorsetup
终止	验证过程终止
进度条	显示验证过程的进度

电机反馈设置在侧边栏“反馈”选项中，如图 2-3 所示。表 2-2 显示反馈界面各个区域空间的具体含义，更加详细信息请参考《GTHD 用户手册》“反馈设置”这一章节。

表 2-2 反馈界面控件含义

栏目名	含义
反馈类型	设置电机的反馈类型
码盘指示	显示电机转子位置，手动转动电机一转并在图形上同时验证电机一转所对应的位置脉冲数量
编码器等效输出	用于驱动器通过 C2 口向外等效输出

每转线数	电机编码器分辨率
霍尔传感器	霍尔换向传感器的当前状态
寻相程序	激活电机自动定相程序
Index 初始化	激活自动 Index 定位程序
编码器校验	显示旋转变压器的相关参数
旋转变压器	激活旋转变压器、正弦/余弦信号检验程序

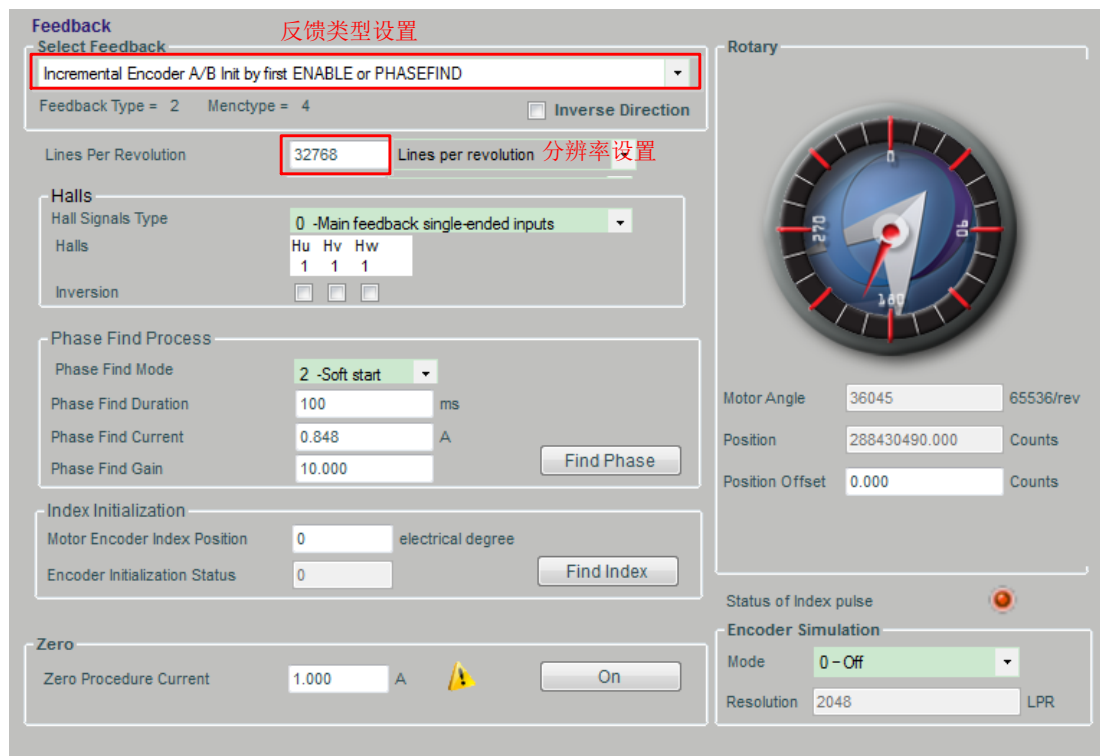


图 2-3 反馈界面设置

### 2.1.1 旋转电机参数

GTHD 驱动器中需要输入的旋转电机参数如表 2-3 所示

表 2-3 旋转电机参数

参数	参数含义	参数含义	参数单位/
<b>Motortype</b>	Motor Type	电机类型	
<b>Micont</b>	Motor Continuous Current	电机连续电流	A
<b>Mipeak</b>	Motor Peak Current	电机峰值电流	A
<b>Mpoles</b>	Motor Poles	电机磁级数	
<b>Mkt</b>	Torque Constant	电机转矩系数	N · m/A

<b>Mj</b>	Rotor Inertia	电机转子惯量	$\text{Kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 10^{-3}$
<b>MI</b>	Motor Inductance	电枢绕组线电感	mH
<b>Mspeed</b>	Maximum Speed	电机最高转速	RPM
<b>MR</b>	Motor Resistance	电机线电阻	$\Omega$

※旋转电机，motortype=0。

※注意单位，micont、mipeak 通常有两种单位 A、Arms（电流的有效值），当单位是 Arms 时，需要在它的基础上乘以 $\sqrt{2}$ ，才可转换成 A。

※GTHD 伺服驱动器需输入线电阻和线电感，部分日式电机（如 Tamagawa）电阻和电感为相电阻和相电感，输入值=给定值 $\times \frac{2}{3}$ 。



经验

★ 手动测试电机级数方法如下：

使能驱动器，终端设置 t 0.1，或者直接在 Zero 中的 Zero Procedure Current 中输入电流数据，开始时，输入的电流值不要太大，慢慢增大，用手旋转电机，直到能够感觉到电机有明显的磁场变化，有些地方力量很大，有些地方力量很小。此时，用手旋转电机轴一周，数出电磁力很强的位置的个数 N，则电机的极对数就是 2N。

该方法主要用于力矩电机应用场合。

★ 电机电感、电阻自识别方法，在终端输入以下指令：

→opmode 2

→estmotorparam

→en

→estmotorparamst

Process done

MR=\*\*[Ohm] ML=\*\*[mH],DT=\*\*, SL Factor=\*\*

### 2.1.2 直线电机参数

GTHD 驱动器中需要输入的直线电机参数如表 2-6 所示

表 2-6 直线电机参数

参数	参数含义	参数含义	单位
<b>Motortype</b>	Motor Type	电机类型	
<b>Mpoles</b>	Motor poles	电机级数	
<b>Micont</b>	Motor Continuous Current	电机连续电流	A
<b>Mipeak</b>	Motor Peak Current	电机峰值电流	A

<b>Mpoles</b>	Motor Poles	电机磁极数	
<b>Mkf</b>	Torque Constant of linear motor	电机推力系数	N/A
<b>Mmas</b>	Motor mass without load	电机空载质量	Kg
<b>MI</b>	Motor Inductance	电枢绕组相电感	mH
<b>Mspeed</b>	Maximum Speed	电机最高转速	mm/s
<b>Mipitch</b>	Motor pitch	电机磁极距离	mm

※使用直线电机时，motortype 的值为 2，mpoles 的值为 2。

## 2.2 电机反馈

### 2.2.1 编码器参数

编码器参数用到的有：feedbacktype（反馈类型）、mencres（分辨率）、menctype（接线类型）。

表 2-4 编码器参数

参数	含义
<b>Feedbacktype</b>	电机反馈类型
<b>Mencres</b>	与电机分辨率有关
<b>Menctype</b>	编码器类型，主要有两种类型：A/B/I/Halls 和 A/B/I+Init by first Enable/Phasefind.与是否接 Index 和 halls 信号

（1）feedbacktype，电机实际反馈类型。

（2）menctype，要使电机正常转动，必须先使电机形成一个可以使转子旋转起来的磁场，实现这种初始化有两种常用的方式：Halls 和 Phasefind。menctyp与是否接 I（index）向和 Halls 信号有关。

大多数旋转电机都是带有 I 向或 Halls 信号，所以 menctype 值设为 0，而不带 Halls 信号的 menctype 值设为 2，这个时候就需要会用到一种代替 Halls 信号作用的寻找转子的软件方式 phasefind（驱动器第一次上伺服时会自动寻找，不断电情况下一般不需要再次寻找，除非电机飞车）。

即形成了两种编码器反馈的方式：A+B+I+Halls 和 A+B+I+Phasefind。

1) A+B+I+Halls 方式。用 Halls 传感器来检测转子的位置，反馈给驱动器，驱动器通过一定的算法实现初始化。

2) A+B+I+Phasefind 方式。用软件的方法，加一个电流，使电机微动起来，从而来计算判断来实现初始化。

（3）mencres，电机分辨率，单位是 LPR，也叫刻线数，也可以用每转脉冲数表示。电机光电编码器的分辨率有下列几种，10 进制的有 2000/5000/10000，

二进制的有 1024/2048/4096/8192。编码器计数是通过 A、B 两项信号的信号沿得到的，一个周期内有四个沿，所以每转脉冲数等于分辨率乘以四，而 A、B 两项信号相差 90 度。

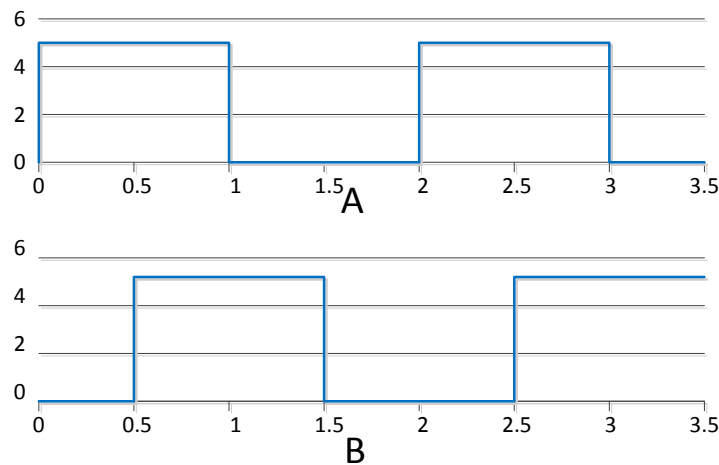


图 2-3 A、B 两相信号

(1) 旋转电机使用编码，增量式、Endat、尼康、多摩川编码器，编码器的分辨率设置值为

$$\text{mencres} = \frac{2^n}{4} \text{LPR}$$

其中，n 为电机分辨率的位数。如使用西克编码器（hiperface with Sine Signal），驱动内部会对反馈正弦波个数进行细分，因此编码器分辨率为

$$\text{mencres} = \text{电机旋转一圈反馈的正弦波个数}$$

(2) 直线电机使用光栅尺。光栅尺有的分辨率，有 0.1um、0.2um、0.5um、1um、2um、5um、10um 等，与旋转电机编码器的分辨率有所不同。

光栅尺的反馈分辨率（mencres）需要通过光栅尺分辨率 L 与直线电机的磁极距离 mpitch 算出。

如客户使用的 Fagor 光栅尺，分辨率类型是“Sine Encoder A/B init by First enable or phasefind”，一个信号周期是 20um，直线电机的磁极距是 48mm。那么

$$\text{mencres} = \frac{\text{磁极距}}{\text{信号周期}} = 2400 \text{LPR}$$

### 2.2.2 霍尔传感器

在交流伺服电机控制时，霍尔传感器用于产生电机的换相信号，GTHD 如果检测到“000”或者“111”状态，会产生非法霍尔故障，驱动报 r6 的警。所以正常情况下，霍尔信号应该不同时为 0 且不同时为 1。

### 2.2.3 寻相过程

如果电机不带 hall 信号，编码器反馈方式为“A+B+I+Phasefind”。这种情况下，驱动在初次使能时，会完成一次电机寻相过程。用这种代替 halls 信号作用的寻找转子的软件方式寻相，用到的参数如表 2-5 所示。

表 2-5 寻相参数

指令	含义
Phasefindmode	寻相模式
Phasefindi	寻相电流
Phasefindgain	寻相增益
Phasefindtime	寻相时间

寻相模式取值为 0，表示脉冲模式寻相（pulse）；取值为 1，表示软启动寻相（soft start）；取值为 2，表示平滑启动寻相（smooth start）；取值为 11，表示手动寻相（manual）。一般使用 smooth start 或者 manual 方式寻相。



经验

★ 寻相电流设置为额定电流的 0.6~0.8 倍，寻相增益设置为 0.3~1 之间，寻相时间为 20ms 左右。注意寻相电流不能设置过大，如果电流设置过大，寻相时电机容易过冲超过安全位置。

## 2.2.4 编码器仿真

编码器仿真用于驱动器向控制器传递的编码器参数。对旋转电机，如控制器要求发送 10000 个脉冲电机旋转一圈，电机旋转一圈驱动器同时反馈给控制器 10000 个脉冲，四倍频之前为 2500LPR。该旋转电机编码器仿真参数设置为：ENCOUTMODE=1，ENCOUTRES=2500LPR。

对于直线电机，若控制器要求驱动器输出当量为 1mm=10000 脉冲，在直线电机走完一个磁极距（磁极距为 48mm），控制器需要收到 480000 个脉冲，四倍频之后，线数是 120000，即 ENCOUTRES=120000LPP，编码器仿真模式设置为 ENCOUTMODE=2。

## 2.3 设置限制

限制的设置，主要包括以下三部分设置。

（1）位置限制，如图 2-4 所示，位置设置界面有位置误差限制设置、硬限位设置和软限位设置。位置误差设置部分主要设置参数 PEMAX，该参数限制电机运行过程中的 PE（Position Error 位置误差，也叫跟随误差），如果 PE 超过 PEMAX，驱动显示 J1 报警。对于旋转电机，PEMAX 一般设置在每转脉冲数的一半。如果设置 PEMAX=0，表示忽视 PEMAX 对位置误差的限制。

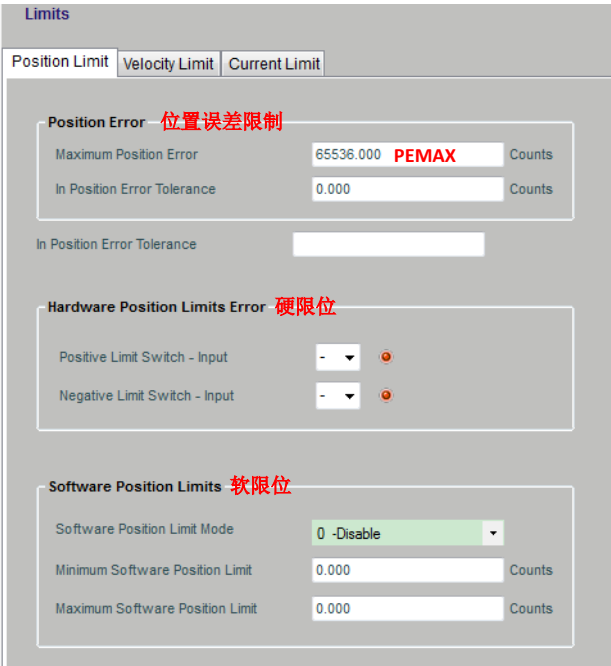


图 2-4 位置限制

(2) 速度限制，如图 2-5 所示，速度限制设置参数 VLIM，该参数限制电机旋转的最大速度，一般 VLIM 设置为电机的最大速度 VMAX。

(3) 电流限制，如图 2-5 所示，电流限制设置参数 ILIM，该参数限制驱动瞬时输出的最大电流，ILIM 设置值要小于驱动的峰值电流 DIPEAK 和电机的峰值电流 MIPEAK，ILIM 设置为 DIPEAK 和 MIPEAK 的最小值。

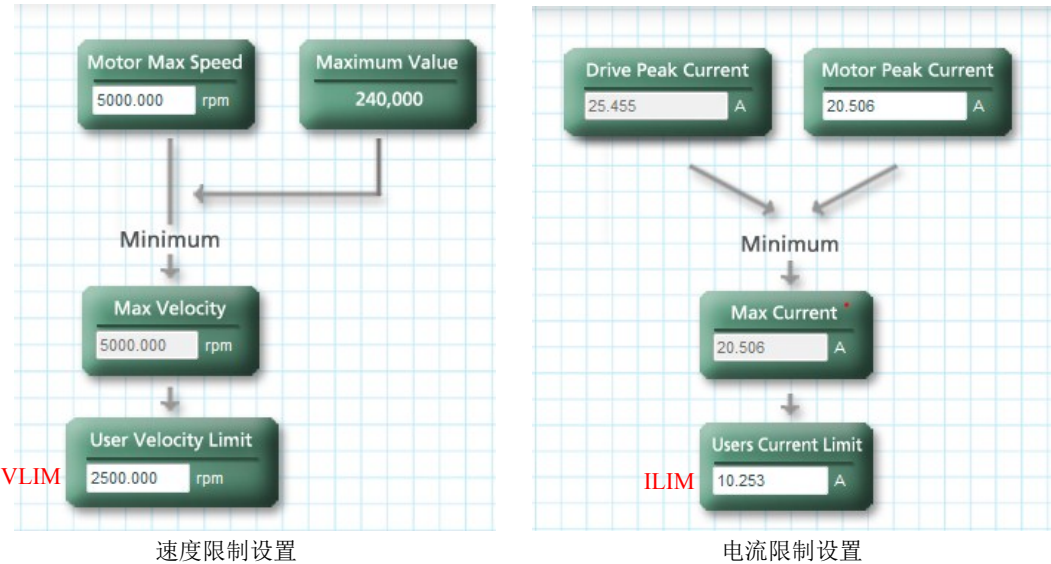


图 2-5 速度和电流限制

## 2.4 设置折返保护

电流折返是 CDHD 依据 I2t 机制对驱动器和电机的保护机制，该机制用来防



止过电流造成驱动器或电机过热。电机折返保护参数设置如图 2-6 所示。

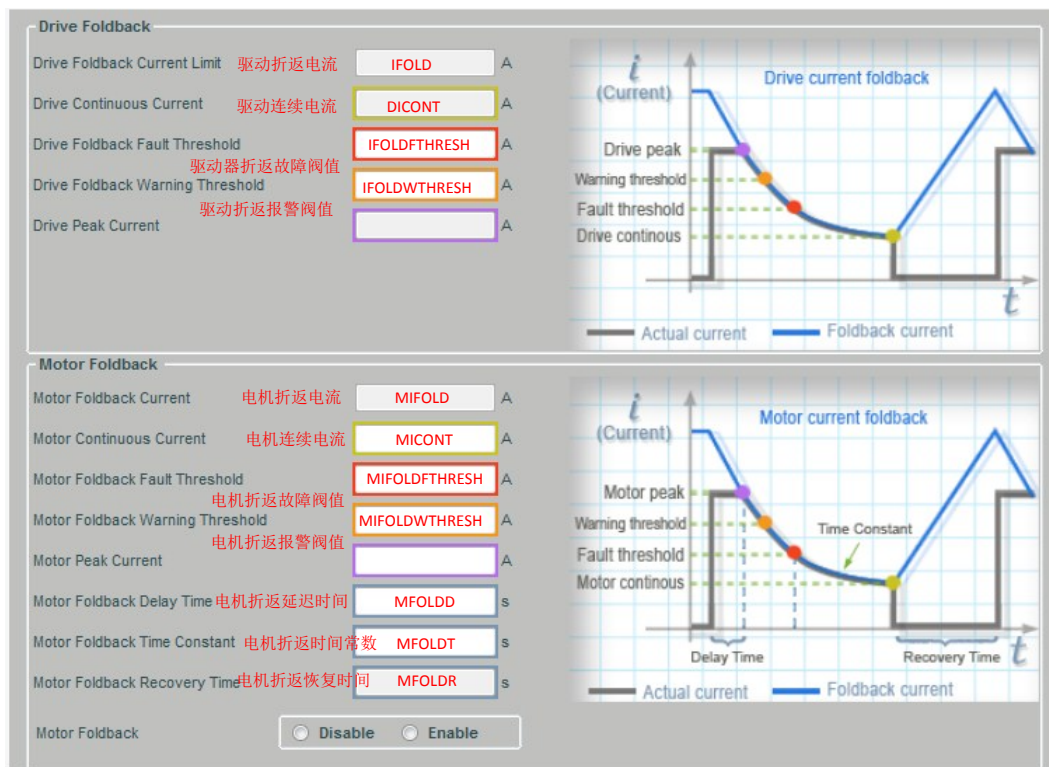


图 2-6 电机折返保护参数设置

如果电机异常堵转，驱动器会持续加大输出电流，最大到电机的峰值电流，而电机不可能长时间在峰值电流下运转，因此需要设置一个峰值持续时间，并且驱动器会检测周期内的有效电流，如果该有效值超过电机的额定电流一段时间后，驱动器就会报电机折返故障。

一般情况下，将电机的折返故障阈值和折返报警阈值设置为电机的峰值电流，驱动的折返保护设置方法一样，其它参数默认，如图 2-6 所示。

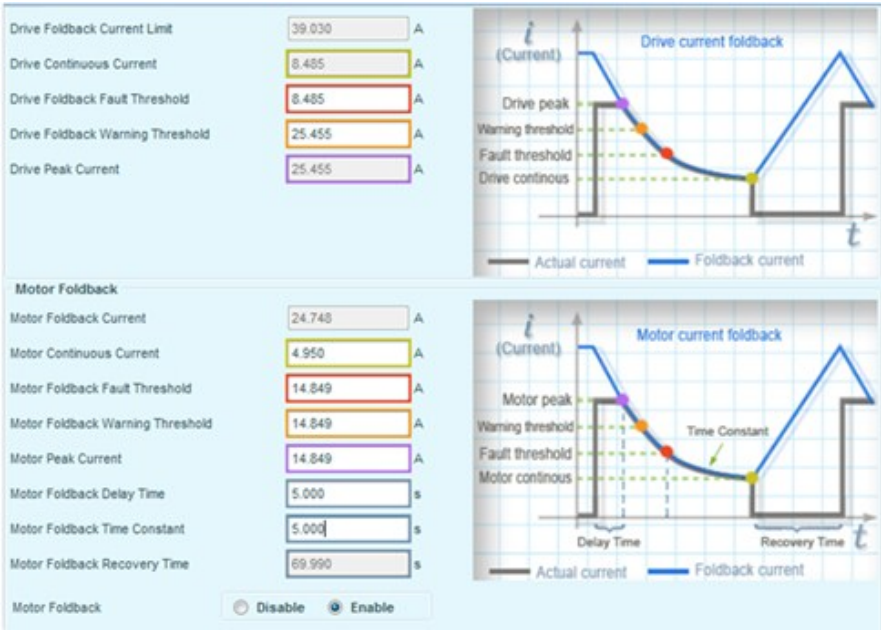


图 2-6 电流折返设置

2.5 设置制动模式

禁止模式参数设置界面如图 2-7 所示。

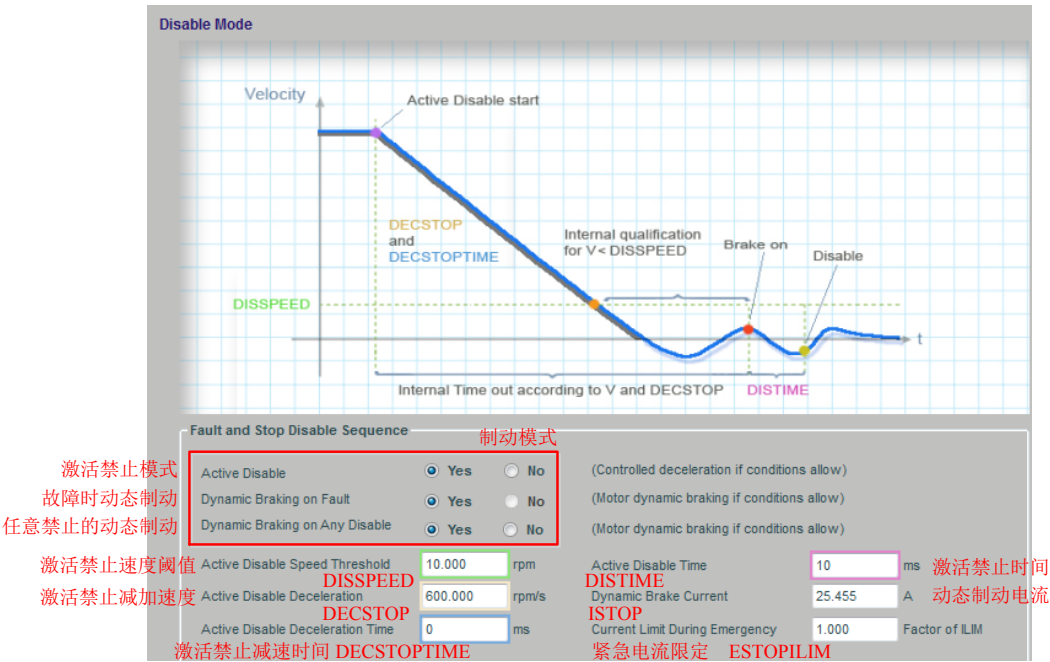


图 2-7 禁止模式设置

制动模式的选择通过参数 DISMODE 选择，包括两种模式。

- (1) 激活禁止：控制电机减速，把速度降到零，减速后去使能。
- (2) 动态制动：通过短接电机实现。

一般选择制动模式时，会设置 DISMODE=4 或者 5，激活禁止用来使电机停

车，动态制动是在激活禁止后起作用。

### （1）激活禁止

激活禁止模式不能工作在电流环下，其它工作模式都能起到作用。有关激活禁止的工作原理，请参考《GTHD 使用手册》制动模式这一章节。以下三个参数影响激活禁止效果。

表 2-5 激活禁止相关参数设置

参数	参数含义	经验值
<b>DISSPEED</b>	激活禁止的速度的阈值	该参数一般设较低，比如 10rpm
<b>DISTIME</b>	在驱动器去使能之前，电机速度必须低于 DISSPEED 持续的时间。	该参数根据电机类别可做调整，如果是不带抱闸电机，默认值 5ms 即可。带抱闸电机可适当设大，如 30ms。其目的是避免在去使能时，电机尚未滑行制动，抱闸关闭，而引起电机抖动。
<b>DECSTOP</b>	减速时的减速度值	该参数一般设较高，如 10000rpm/s，目的是希望电机在激活禁止开始后能尽快停止。

### （2）动态制动

动态制动模式下，只有电机的反向电动势用来产生制动电流，变量 ISTOP 用来设置允许的最大电流。一般将该参数设置为电机的最大电流，目的是希望电机尽快停止。

综上，在设置动态制动时，经验设置方法如表 2-5 所示

表 2-5 激活禁止相关参数经验值

参数	设置值
<b>Active Disable、Dynamic Braking On Fault、Dynamic Braking On Any Disable</b>	全部“YES”
<b>DISSPEED</b>	10rpm 或者更低
<b>DECSTOP</b>	10000rpm/s 或者更高
<b>DISTIME</b>	5~30ms，根据电机类型设置
<b>ISTOP</b>	电机峰值电流

## 2.6 数字量输入输出设置

数字量输入输出界面图 2-8 所示，设置选项如图 2-9 所示



图 2-8 数字量输入输出界面

0 -Idle	0 -Idle
1 -Remote enable	1 -Active
2 -Reset faults	2 -Brake
3 -PLL synchronization	3 -Alarm
4 -Emergency Stop	4 -In-Position
5 -Positive Limit Switch	5 -Stopped
6 -Negative Limit Switch	6 -Foldback
8 -Home Switch	7 -Current Level
9 -Script trigger	8 -Current Range
10 -Script Bit 0	9 -Velocity Level
11 -Script Bit 1	10 -Velocity Range
12 -Script Bit 2	11 -Position Level
13 -Script Bit 3	12 -Position Range
14 -Script Bit 4	13 -Battery Low V Fault
15 -Deceleration by DECDIST	14 -Warning On
16 -Deceleration by DECDIST2	15 -Faults or Disabled
19 -Path trigger	16 -Battery Low V Warning or Fault
20 -Path bit 0	17 -Phase Find (Mode 2) OK
21 -Path bit 1	18 -Over-Current Fault
22 -Path bit 2	19 -Over-Voltage Fault
23 -Path bit 3	20 -Under-Voltage Fault
24 -Path bit 4	21 -Phase Find Required
25 -Path Trigger	22 -Alarm w/o Phase Find Failed
	23 -Homing complete
	24 -Encoder Simulation Index
	25 -Zero Position After Homing

数字量输入设置

数字量输出设置

图 2-9 数字量输入输出选项

(1) 常见的数字量输入信号，包括远程使能（remote enable），清错（reset faults），正限位（positive limit switch），负限位（negative limit switch），原点信号（home switch）。

以上信号都是在硬件接口接好线之后，在软件上配置。其中，如接限位信号和原点信号时，驱动器硬件接口上需要接入 DC24v 直流电，否则即便信号触发，驱动器仍然收不到。

(2) 常见的数字量输出信号，包括报警输出和抱闸信号。如控制器要求报警型号是低电平有效（比如固高运动控制器），需要对报警输出信号取反。

GTHD 中压驱动器没有可以直接打开抱闸的足够电流，对中压驱动器必须加

中间继电器来控制电机抱闸，接线图如图 2-10 所示。

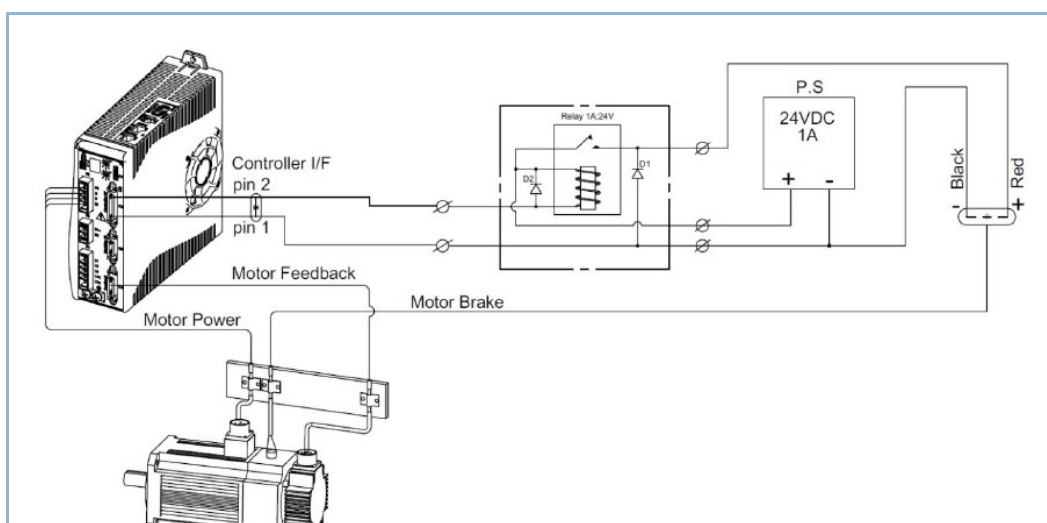


图 2-10 中压驱动抱闸接线图

高压驱动可直接输出 24VDC 控制抱闸，布线完成后，只需将 outmode7，即第 7 个数字量输出模式配置成抱闸信号即可。

## 2.7 总结

以上设置到完成后，驱动不应该有任何报警或者警告，否则需要重新电机参数设置是否正确。

## 第3章 电机性能调试

电机参数设置完成后，驱动无任何报警或者警告，下一步进入性能调试阶段。一般情况下，电机调试应遵循先电流环，再速度环，最后位置环的流程，逐环调试。但是 GTHD 伺服驱动器独有的非线性算法（HD 算法），将速度环和位置环算法集成一体，在最小的整定时间可达最优的效果，因此本章仅说明电流环和速度环的调试过程，有关传统带前馈线性算法的速度环和位置环调试，可参考《GTHD 用户手册》有关运动这一章节。

### 3.1 电流环调试



**警告**

- ★ 电流环调试一定要在电机空转情况下完成，不可带载调试，否则电机有可能失速或者飞车，造成损失。
- ★ 调试直线电机电流环时，一定要安装硬限位。

GTHD 自动配置电流环参数，一般情况下，使用默认参数即可达到性能要求。如图 3-1 所示。

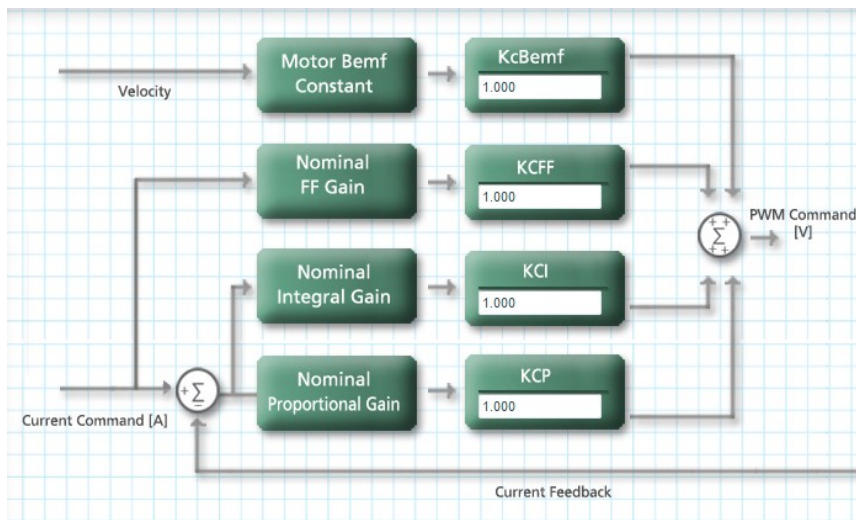


图 3-1 电流环默认参数

调试电流环参数，主要是指调试电机定相参数，表 3-1 列举影响电机定相的参数。电机定相参数需要做电机识别（motor setup），如电机识别不成功，则需要手动配置。电机定相参数设置完成之后，进入电流环性能校验，如电机正反转方向和电流跟随性能良好，则电流环调试结束。

表 3-1 影响电机定相参数

参数	参数含义	取值范围	说明
MFBDIR	电机和反馈方向	0~15	与电机的 UVW 接线、霍尔信号等有关



<b>MPHASE</b>	电机相角	0~360	对于每一个电机，该参数是一个固定的值，与电机生产过程中码盘和转子的安装角度有关
<b>MPOLES</b>	级数	—	电机的级数
<b>MENCRES</b>	分辨率	—	编码器的分辨率
<b>MENCZPOS</b>	编码器 index 的位置	0~360	在电机定相过程中，如编码器类型无 index 型号，该参数不会用到

### 3.1.1 电机识别

完成第 2 章的电机参数设置后，做电机识别有以下三种方法：

- 进入 motor setup 侧边栏，选择电机型号，点击 verify 按钮；
- 在 motor 侧边栏，点击 verify 按钮；
- 在终端输入 motorsetup 指令，可参考《GTHD 使用手册》电机定相一节。

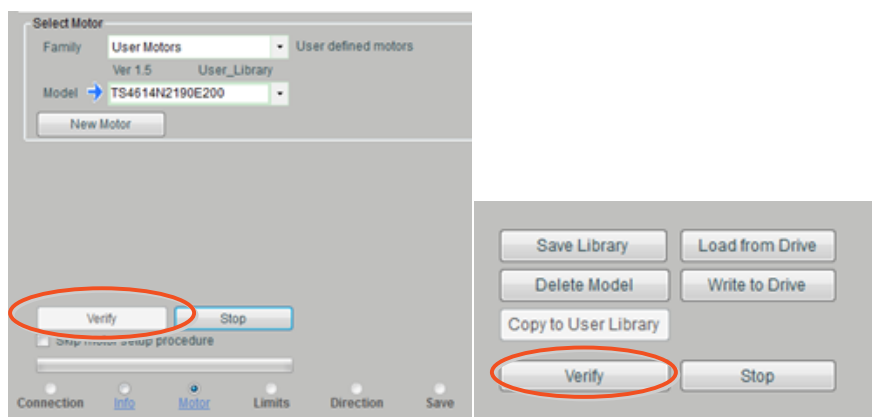


图 3-2 电机识别按钮

<b>警告</b>
★ 做电机识别一定要在电机空转情况下测试，直线电机要加硬限位。
<b>经验</b>
★ 如果在 Motor setup 做电机识别不成功，可尝试在 motor 一栏做。
★ 如果在 Motor setup 做电机识别不成功，可尝试将 MPHASE 增加 90 再次做。

点击定相校验按钮“verify”，电机正向或者反向两个机械角距离，直到电机识别成功，停止转动，并弹出如图 3-3 所示的提示信息，表示 motor setup 成功。

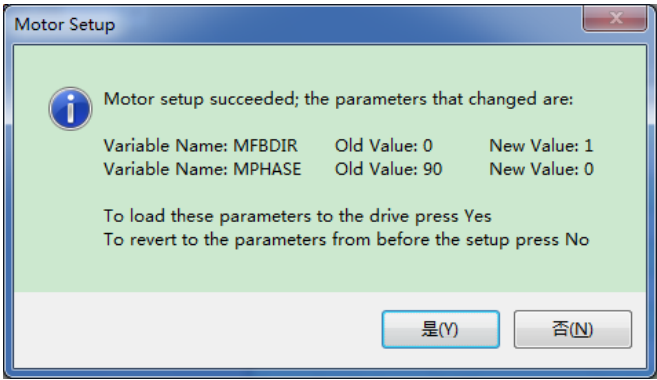


图 3-3 电机识别初始化一种结果

3.1.2 手动配置定相参数

如果 motor setup 不成功，则需要手动配置定相参数主要配置 MFBDIR 和 MPHASE 两个参数，两个参数对电机旋转影响如表 3-2、表 3-3 所示。

表 3-2 MPHASE 对电机调速影响

MPHASE 值不正确情况	影响
与正确值相差 180 度	输入指令电机飞车
与正确值相差 90 度	输入指令电机不动
与正确值相差其它度数	输出力矩小

表 3-3 MFBDIR、MPHASE 正确与否对电机调速影响

MFBDIR	MPHASE	影响
✓	✓	电机正常正反转
✓	✗	给运动指令后电机飞速往一边运转、或者电机不转、或者电机能转但是力矩小。
✗	✓	电机不转
✗	✗	电机不转



★ 手动配置是在电机自动识别不成功的情况下才使用的，一般不优先推荐使用。



★ 日产电机，如多摩川、三洋等，所有伺服电机的 MFBDIR 和 MPHASE 都是一定的。多摩川电机的 MFBDIR=1，MPHASE=0。其它品牌如台湾东元、意大利菲仕（PHASE）、国产品牌米格等电机，同一款型号电机的 MFBDIR 一致，但是每一台电机的 MPHASE 都不一致。因此在控制电机之前，一定要测试好每台电机的相角 MPHASE，参数不能直接复制使用！



## 1. MFBDIR 配置方法

将驱动器设置为串口电流的模式 (opmode=2)，输入电流  $t$  控制电机运动，如果此时电机转动说明 MFBDIR 设置正确，如果电机不转且用手转动时电机一格一格卡动，说明 MFBDIR 设置错误，把它从 0 改为 1，或 1 改为 0。

2. MPHASE 配置方法，MPHASE 的配置方法有自动寻相和手动寻相两种方法，且优先使用自动寻相方法。

(1) 自动寻相，在终端一条条输入以下寻相指令。

```
1->opmode 2//将驱动器设置为串口电流模式
1->config
1->save
1->zero
0
1->izero //寻相电流设置为电机额定电流的 1/3 即可
0.500 [A]
1->zero 1//将驱动器设置为锁相模式
1->zero
1//查询驱动器是否设置成锁相模式
1->en//设置好锁相模式和寻相电流之后，使能驱动器
1->k
1->en
1->zerost
Zero Ended, MPHASE = 183 //待电机停止微小转动，输入 zerost 查看寻相结果，驱动器自动给出最终寻找的相角
1->mphase
182 [electrical degree]
1->k
1->zero 0//寻相结束之后一定要关闭 zero，即设 zero=0
```



**警告**


- ★ 寻相有危险，过程中电机有可能失速
- ★ 寻相结束后，一定要关闭 zero，即设 zero=0，否则电机只能朝一个方向旋转。



**经验**

- ★ 在至少三个不同位置整定 MPHASE，最终 MPHASE 取多次结果中间值。
- ★ 寻相电流设置为电机额定电流的三分之一即可，寻相电流过小，电机可能转动范围太小以致相角不准确，电流过大寻相时电机振动大，相角也可能不准确。
- ★ 对于旋转电机可先配置 MFBDIR 再配置 MPHASE。但是对于直线电机，需先配置 MPHASE 再通过电流环脚本程序校验来配置 MFBDIR，否则先配置 MFBDIR 直线电机可能冲撞到限位处。

## (2) 手动寻相

手动寻相需在 script 中输入电流环脚本指令, 并点击  执行脚本, 通过查看曲线来判断最终正确的 MPHASE 值。



```

Script1
k          //去使能
recoff     //停止记录
opmode 2   //将驱动器设置为串口电流模式
record 16 2000 "icmd" "iq" "v" //连续记录icmd（指令电流）、iq（实际电
rectrig "imm" //立即触发          流）、v（实际速度），连续记录2000个数
en          //使能                  据点，每两个数据点之间的时间间隔为
                                     250um
#Delay 100 //延时100ms
t -0.1     //给负向电流0.1A
#Delay 100 //延时100ms
t 0.1      //给正向电流0.1A
#Delay 100 //延时100ms
k          //去使能
#Plot      //画图
K
  
```

图 3-4 电流环脚本程序

通过打印曲线选取 MPHASE 的标准是：

- 给正（负）向电流，电机正（负）向旋转；
- 电机旋转速度越大越好，最大速度下的 MPHASE 选定为电机相角。

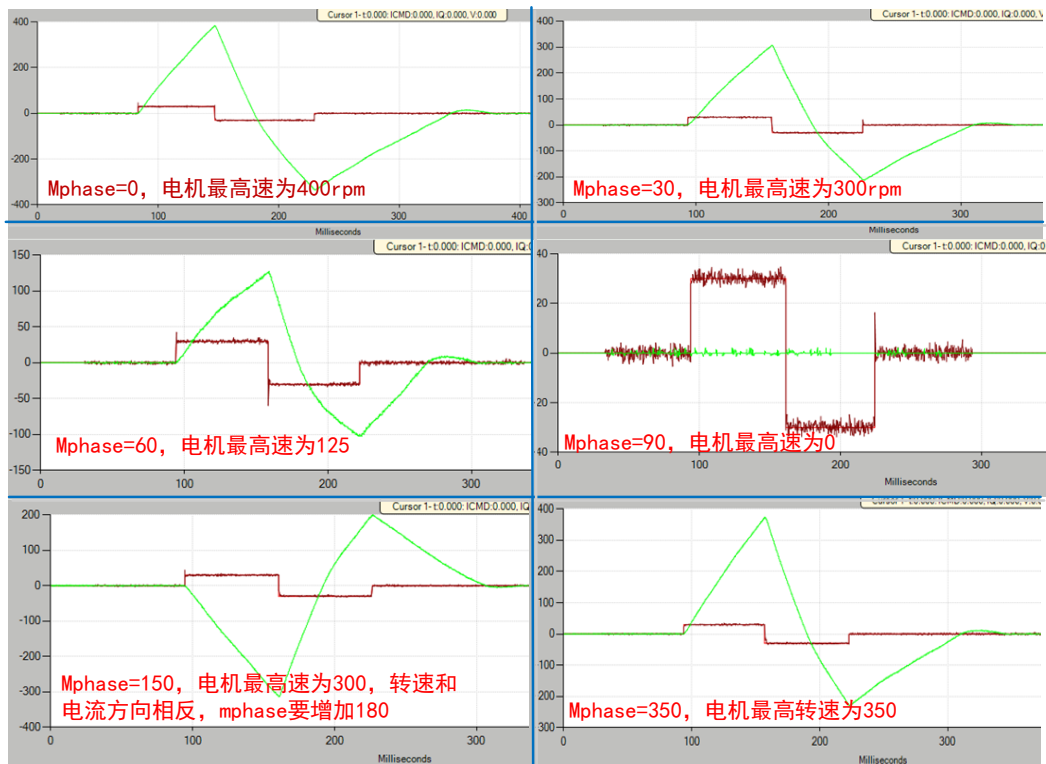


图 3-5 某电机手动寻相过程

图 3-5 为不同相角下执行脚本语言的过程图，对比可得，当 MPHASE=0 时电机转矩最大，电机最高转速可达 400rpm，因此设置 MPHASE=0。

### 3.1.3 电流环性能校验

电机识别或者手动配置完定相参数之后，通过执行图 3-4 所示的电流环脚本程序校验电流环性能，电流环校验标准如下两点：

- 实际速度  $v$  和电流指令  $icmd$  方向一致，且实际速度达到该指令电流下的最大值；
- 实际电流  $iq$  和指令电流  $icmd$  基本重合，实际电流波动在指令电流的 5% 以内。

图 3-6 显示几组理想的电流环结果图和有问题的电流环结果图。

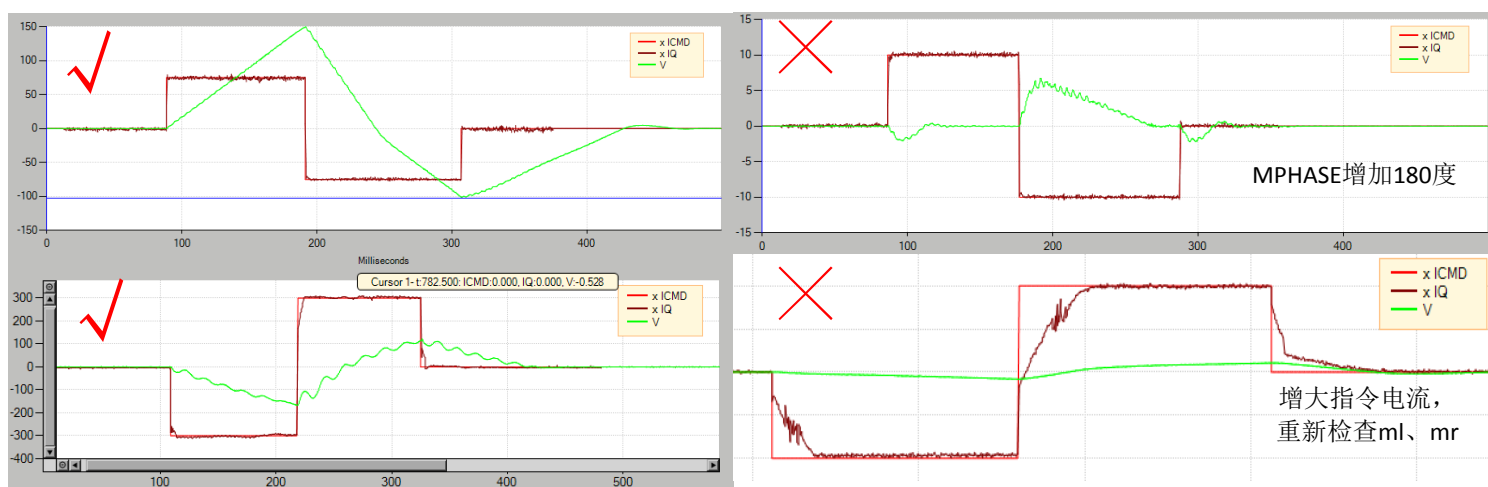


图 3-6 电流环脚本程序执行图

表 3-4 罗列了常见的电流环校验时出现的问题和解决措施。

表 3-4 电流环性能校验问题处理方法

现象	原因	措施
实际速度 $v$ 和电流指令方向 $icmd$ 不一致	电机太大但指令电流太小导致带不动，或者定相参数不对。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 如果实际速度值为 0，则考虑增大指令电流直到 1/3 额定电流，如仍然无效，MPHASE 增加 90 度，如仍然无效，重新测试 MFBDIR 和 MPHASE。</li> <li>■ 如果实际速度和指令电流方向相反，MPHASE 增加 180，参考图 3-5。</li> </ul>
实际电流波动太大，超过指令电流的 5%	电机物理参数不对或者电流环增益参数需调整。	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 检查电机电感 <math>ml</math>，电阻 <math>mr</math> 值；</li> <li>■ 增加 <math>kcd</math>，最高可增加到 10。</li> </ul>

电流环调试完成的标志是电流环脚本程序校验无误，如使用 HD 算法控制，下一步可直接进入位置环调试，跳过速度环。

## 3.2 自整定位置环增益

进入位置环调试，首先做位置环自整定（Autoturning），也可直接跳过自整定直接手动调试。有关自镇定的详细说明可参考《GTHD 使用手册》“调试向导”一节。自镇定过程主要包括负载估算和增益优化两部分，如图 3-7 所示。

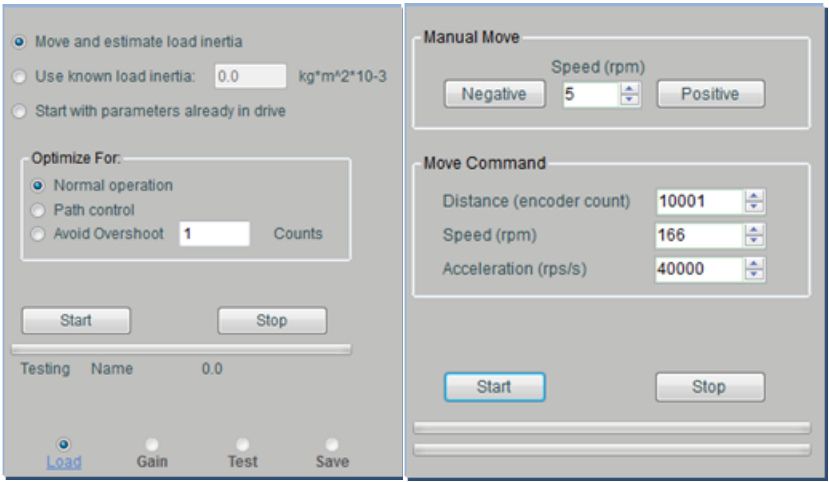


图 3-7 负载估算和增益优化条件参数

负载估算的目的是计算出系统的负载惯量比（Load to Motor Inertia Ratio, LMJR），该参数影响电机的力矩输出。GTHD 提供三种负载估算方法的选项：

- 运转并估算负载惯量
- 已知负载惯量
- 使用驱动器内现有参数启动



经验

★ 计算系统负载惯量比，尤其是 6 关节机器人、CNC 系统，优先考虑使用后两种方法。机械工程师在做系统的结构和力学分析时已计算过电机负载惯量，可将负载惯量直接填入“已知负载惯量”中，或者与电机惯量 MJ 计算得到 LMJR，在终端输入到驱动中。

自整定位置环增益，需首先在图 3-7 所示图中手动输入距离、速度等条件参数，点击“Start”自整定启动开始，直到整定结束。

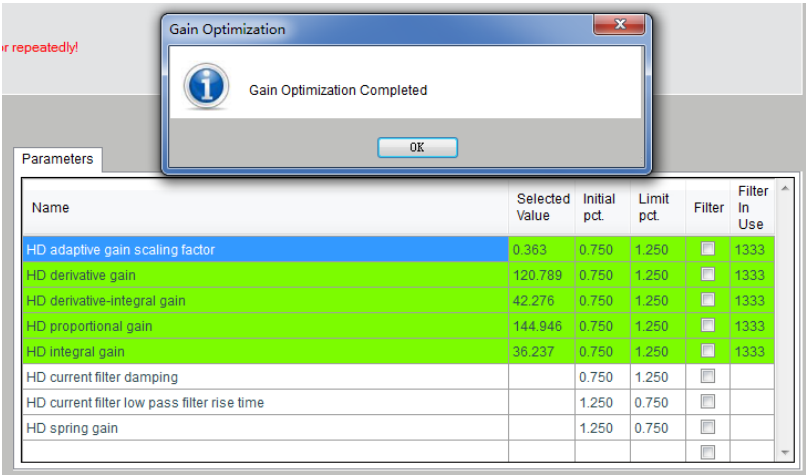


图 3-8 自整定完成信息



经验

自整定位置环增益时，条件参数一般设置经验如下

- ★ 距离：电机转半圈到一圈距离
- ★ 速度：选择电机正常运转速度
- ★ 加速度：正常运转加速度，注意加速度不能太高，否则会使增益降低

### 3.3 手动调试位置环增益

一般应用场合，自整定结束后的参数可直接使用，但对电机跟随、噪音等性能要求较高时，则需要手动调试位置环参数。关于 HD 控制算法的调试方法可参考《GTHD 使用手册》“HD 控制调试方法”一节。

HD 主要指令及其中含义参考表 3-5 所示，调试总体流程参考图 3-9。

表 3-5 HD 算法下的指令及其含义

指令	指令中文意义及其作用
Movesmoothmode	指令平滑模式
knusergain	全局增益
KNLD	微分增益，提高速度跟随性能
KNLP	比例增益，减小位置误差
KNLIV	微积分增益，提高 KNLIV 减小位置误差和停止时的稳态误差，提高控制稳定性，减小系统外部扰动的敏感性
KNLI	积分增益，减小运动和停止时的位置误差
NLNOTCHCENTER	电流指令的两个陷波滤波器 用来消除有时出现的高频振动
NLNOTCHBW	
NLNOTCH2CENTER	
NLNOTCH2BW	
NLFILTT1	电流指令的低通滤波器，用来定义截止频率的反数（越小越好）
NLFLITDAMPING	电流指令的低通滤波器，按百分比定义，用于保持滤波器的带宽，直到截止频率（越大越好）
NLPEAFF	设备柔性补偿参数，NLPEAFF (HD Kff 弹簧滤波器)，以赫兹定义，根据系统的刚性进行设置。刚性系统需要较高的值。带有高负荷惯性和柔性连接的系统，要求的值较低；一般范围为 400 至 30 赫兹。若不使用，设为 5000 赫兹。
NLAFFLPFHZ	设备柔性补偿参数，平滑计算所得的指令位置加速度，并且只要应用参数 NLPEAFF 时出现噪声，都应使用此低通滤波器。

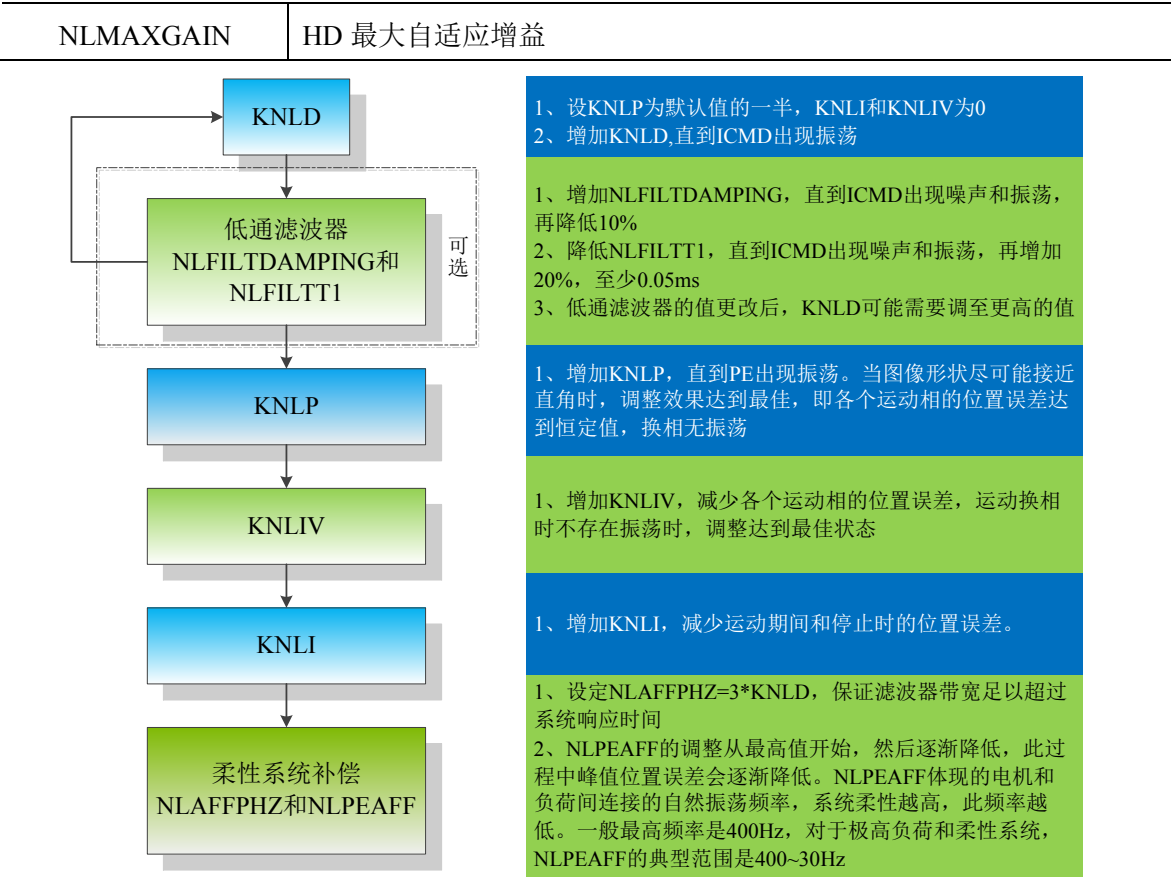


图 3-9 HD 控制算法参数调试流程

在 GTHD 上述参数中，主要调试的是 PID 增益参数 KNLD、KNLP、KNLIV、KNLI。根据图 3-10 所示，电机运行过程包括加速阶段（图中 A 段）、匀速阶段（B 段）、减速阶段（C 段）、停止阶段（D 段）。PID 增益参数对各阶段的影响如下：

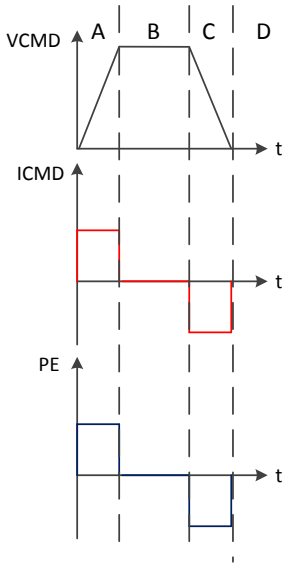


图 3-10 电机运动过程

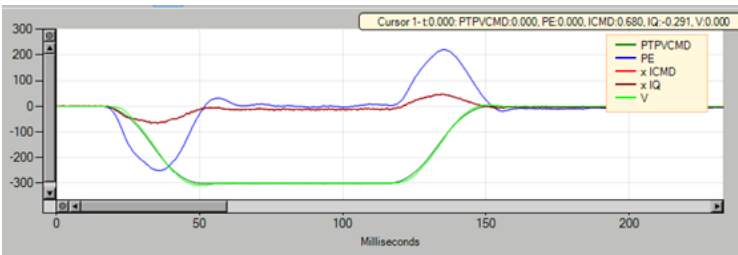


图 3-11 某电机理想性能和参数

Name	Value	Unit
HD Global Gain	0.300	
HD Derivative Gain	100.000	Hz
HD Proportional Gain	130.000	Hz
HD Derivative-Integral Gain	45.000	Hz
HD Integral Gain	40.000	Hz
HD Flexibility Compensation	400.000	Hz
HD Spring Filter	660	Hz

■ KNLP——A、B、C 三个阶段都起作用

- KNLI——D 阶段作用明显
- KNLD——与系统响应有关，主要影响电流的跟随效果
- KNLIV——A、C 两个阶段作用明显

图 3-11 为某电机理想调试性能和参数。修改 PID 参数，现象分别如下：

### (1) 比例增益

如图 3-12 所示，若比例增益过小，运动加速、匀速和减速三个阶段跟随误差增大，比例增益过大，各阶段误差虽然明显降低，但增益过大引起电流震荡，从而也导致位置误差震荡。

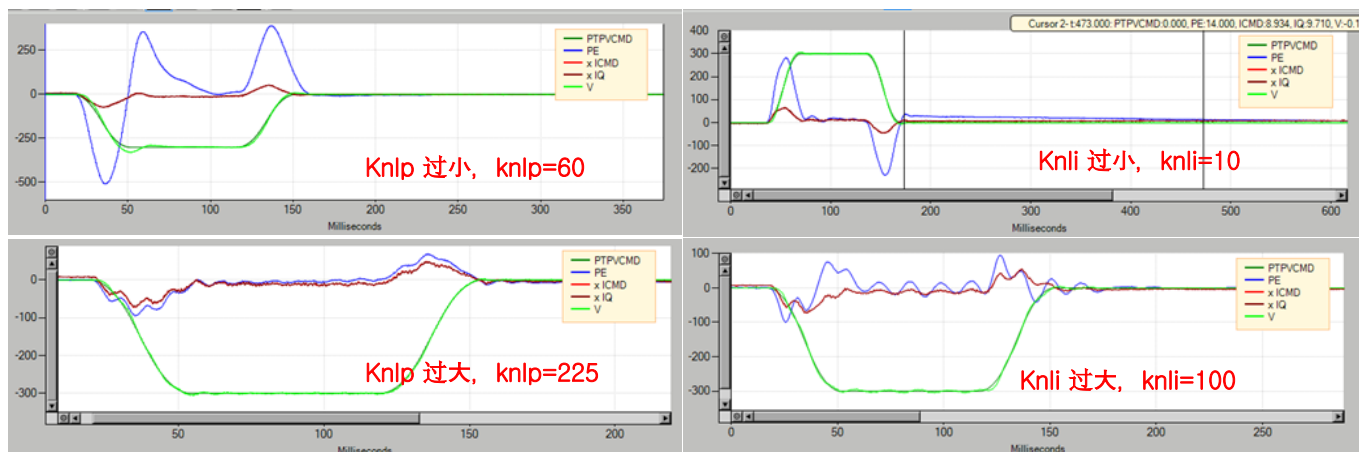


图 3-12 比例增益、积分增益对电机性能影响

### (2) 积分增益

如图 3-12 所示，若积分增益过小，运动停止阶段误差增大，且停止时间（整定时间）过长，不符合系统快速停止要求。若积分增益过大，也会引起电流震荡，从而也导致跟随误差震荡。

### (3) 微分增益

如图 3-13 所示，若微分增益过小，运动加减速阶段电流跟随性很差，加速过程显疲态，无法持续加速。若微分增益过大，引起电流震荡，电流曲线出现毛刺现象。

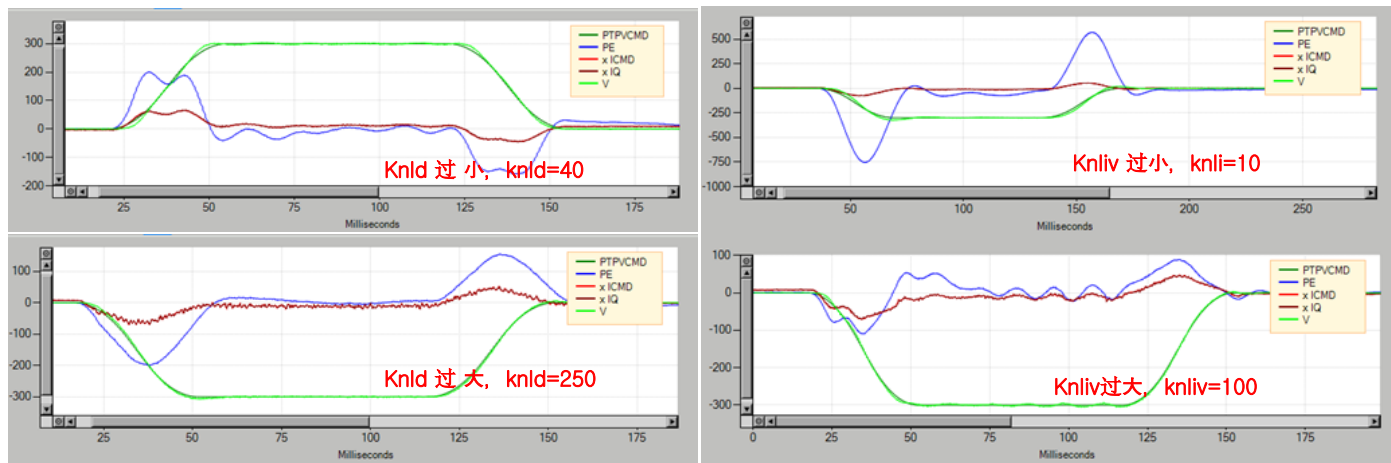




图 3-13 微分增益、微积分增益对电机性能影响

#### (4) 微积分增益

如图 3-13 所示，若微积分增益过小，运动加、减速过程，跟随误差增大。若微积分增益过大，也会引起电流震荡，导致跟随误差震荡。

### 3.4 位置环性能调试经验

#### 3.4.1 电机声音调试

电机运转过程中，电机常常有噪音，主要检查示波器曲线中的指令电流  $i_{cmd}$  和实际电流  $i_q$  的波动（放大 100 倍后检查），如果波动过大，可判断声音是驱动参数不合适等引起；如果波动不大，无明显震荡，可查机械连接等外部原因。好的电流曲线，应该像线条一样纤细，图 3-14 是某关节机器人第一轴调试前和调试后的电流曲线图，可供参考。

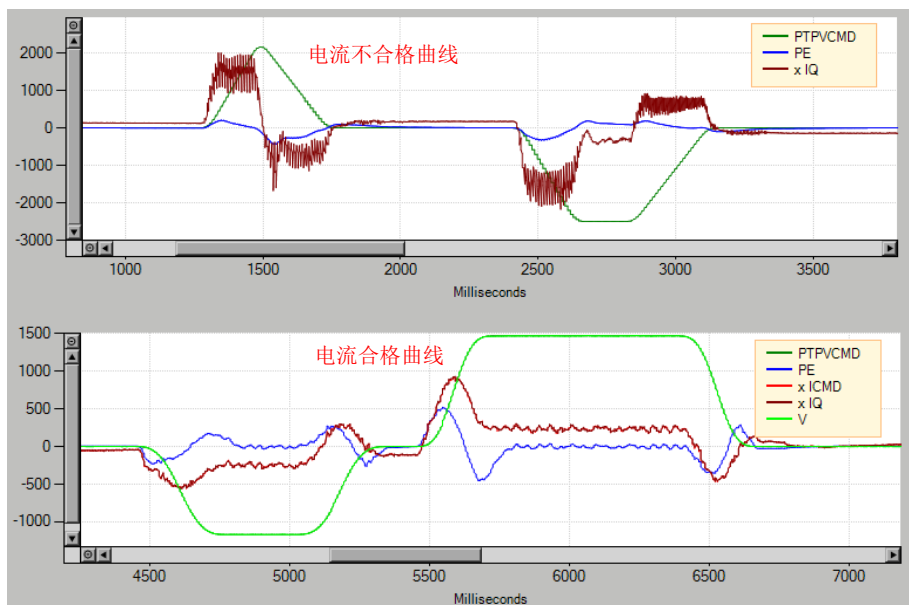


图 3-14 某关节机器人电流曲线图

如电流曲线出现波动，按照以下方法调试：

- (1) 检查电流环，检查电流跟随情况，如果电流波动大，检查电机的电感、电阻是否正确。如果电感电阻正确但电流波动仍然很大，增加  $k_{cd}$  降低  $k_{ci}$ 、 $k_{cp}$ 。
- (2) 检查位置环，降低全局增益，增加位置环  $NLFILT1$ 、 $NLFILTDAMPING$  这两个参数，降低微分增益  $knld$ 。
- (3) 增加平滑时间  $movesmoothavg$ 。
- (3) 如果加减速度过大，降低运动过程中的加减速速度。
- (4) 如果  $mkt$  错误，设置  $backemff=0$ 。

#### 3.4.2 平滑参数设置

平滑指令可有效将运动加减速过程中的 T 型曲线变成 S 型曲线，如图 3-15



所示，降低加减速换相过程给机械系统带来的冲击，避免振动，此外平滑还可以减小加减速过程的峰值电流，GTHD 平滑指令在几乎所有的系统中都可起到良好的效果，特别是对系统稳定性要求高的场合比如直角坐标机械手系统、关节机器人系统效果最为明显。但是过大的平滑会使系统加减速时间延长，对系统响应要求高的场合，比如纺织机械领域的经编机，就不适合较大平滑时间。

GTHD 提供的平滑指令如表 3-6 所示，一般情况下，movesmoothavg 设置为 2，movesmoothsrc 设置为 15，movesmoothavg 根据系统需求设置。

表 3-6 平滑指令

平滑指令	含义	取值
Movesmoothmode	平滑方式	0—无平滑 1—基于 movesmoothhz 的低通滤波平滑方式 2—基于 movesmoothavg 的 S 型曲线平滑
Movesmoothsrc	位置指令 平滑来源	这是一个位操作的值，取值范围为 0~16。缺省值为 9。 第 0 位：点位模式下的平滑 第 1 位：电子齿轮模式下的平滑 第 2 位：总线模式下的平滑 第 3 位：停止时的平滑。
Movesmoothavg	平滑时间	0~256

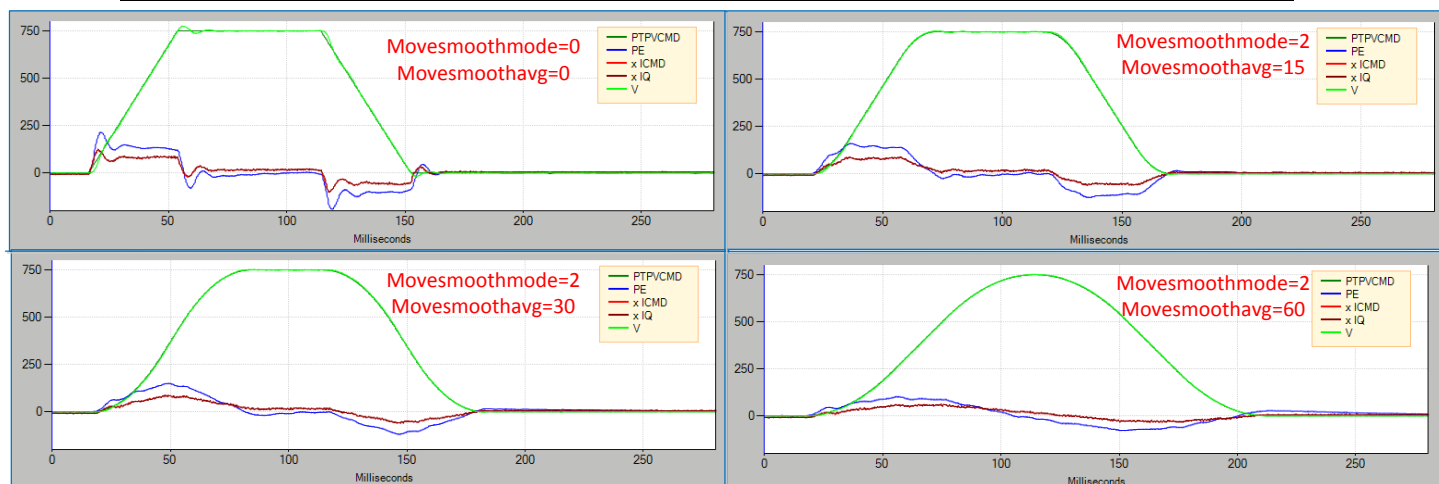


图 3-15 movesmoothmode 和 movesmoothavg 平滑指令使用

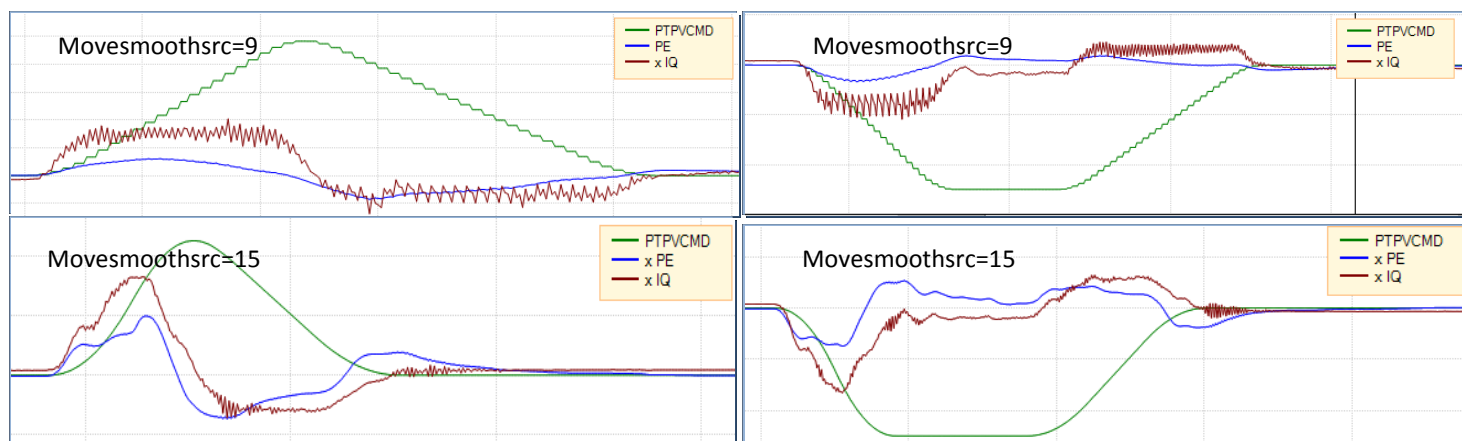


图 3-16 movesmoothsrc 平滑指令使用

### 3.4.3 抑振参数设置

HD 控制算法提供了三组专有的控制算法，为在恒定频率出现明显振荡的系统提供解决方案，在带有悬臂梁机构应用场合（如关节机器人）尤其适用。有关抑振参数的详细描述可参考《GTHD 使用手册》“振动抑制功能调试方法”这一章节。

表 3-7 抑振参数

组别	参数	参数中文意义	取值范围
第一组	NLANTIVIBHZ	HD 振动抑制滤波频率	0~500
	NLANTIVIBSHARP	HD 震动抑制滤波锐度	0.01~10
	NLANTIVIBGAIN	HD 振动抑制增益	0~10000
第二组	NLANTIVIBHZ2	HD 位置误差滤波	0~500
	NLANTIVIBSHARP2	HD 位置误差滤波锐度	0.01~10
	NLANTIVIBGAIN2	HD 位置误差滤波增益	0~10000
第三组	NLANTIVIBHZ3	HD 位置误差滤波	0~500
	NLANTIVIBSHARP3	HD 位置误差滤波锐度	0.01~10
	NLANTIVIBGAIN3	HD 位置误差滤波增益	0~10000
	KNLUSERGAIN	HD 全局增益	0.001~3

表 3-7 列举了 GTHD 提供的三组抑振参数，其中第三组参数抑振效果最为明显。抑振参数的使用过程如下：

(1) 判断系统是否属于有源振动。一般通过机构结构初步判断，如图 3-17，关节机器人第 2、3 轴，直角坐标机器人前进轴，都属于机构上的悬臂梁，运动过程中末端易振动。

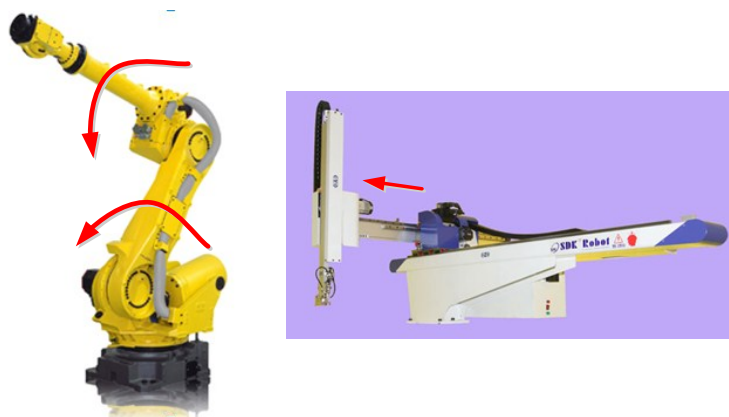


图 3-17 常见有源振动机构

此外,通过示波器查看电流曲线,如图 3-18 所示,是典型的有源振动波形图,这种方式判断系统振动更加直观。

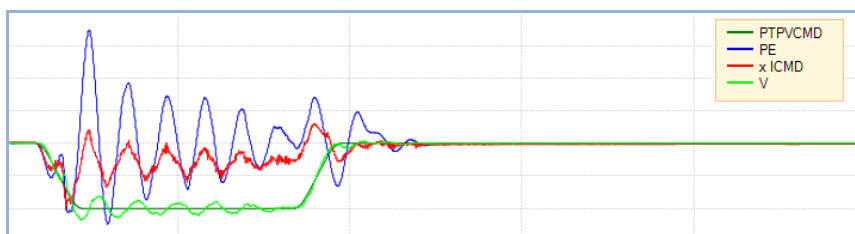


图 3-18 有源振动电流曲线

(2) 执行运动并测量当前命令 icmd, 在示波器界面, 右击 ICMD 图像, 选择“快速傅里叶变换和导数”选项, 选择“FFT 轨迹”子选项, 得到 FFT 的图像。

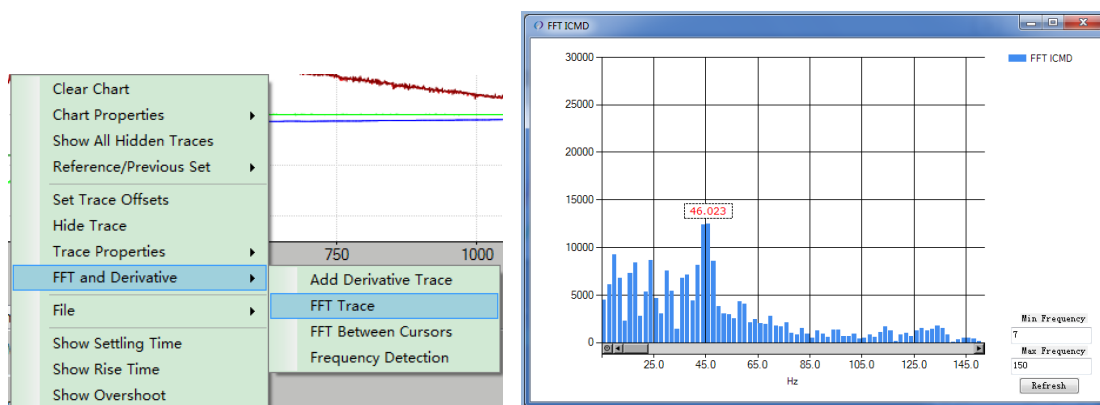


图 3-19 FFT 变换

(3) 在 FFT 图中, 以峰值、主值或者谐振处设置参数 NLANTIVIBHZ3, 上图中 NLANTIVIBHZ3 设为 46.02。

(4) 通过比较 FFT 轨迹对话框图像和图 3-20, 目视估算窄带滤波器的谐振锐度, 设置参数 NLANTIVIBSHARP3。

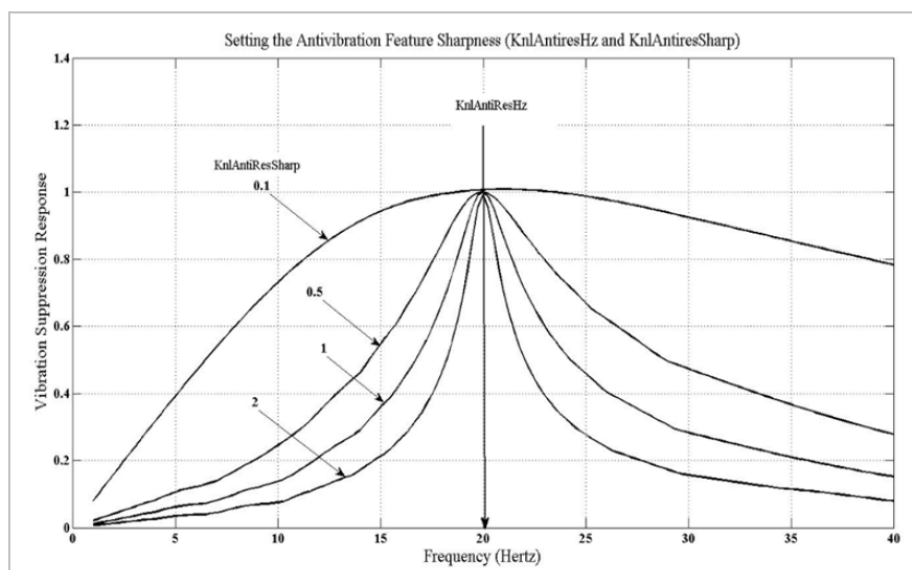


图 3-20 NLANTIVIBSHARP3 对比图

(5) 增大阻尼增益 NLANTIVIBGAIN3，每次增大参数时，记录电流命令 ICMD，并确认振荡阻尼，直到实现最佳阻尼。图 3-21 是图 3-18 增加抑振参数后的效果图。

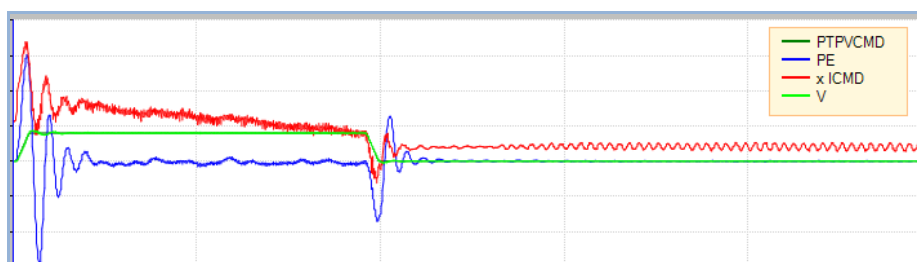


图 3-21 增加 NLANTIVIBGAIN3 后的理想图



经验

★ 增加抑振参数会同时会引起跟随误差 pe 增大，要结合位置环增益调整，增加抑振参数的同时提高增益，尽量降低误差，如图 3-22。

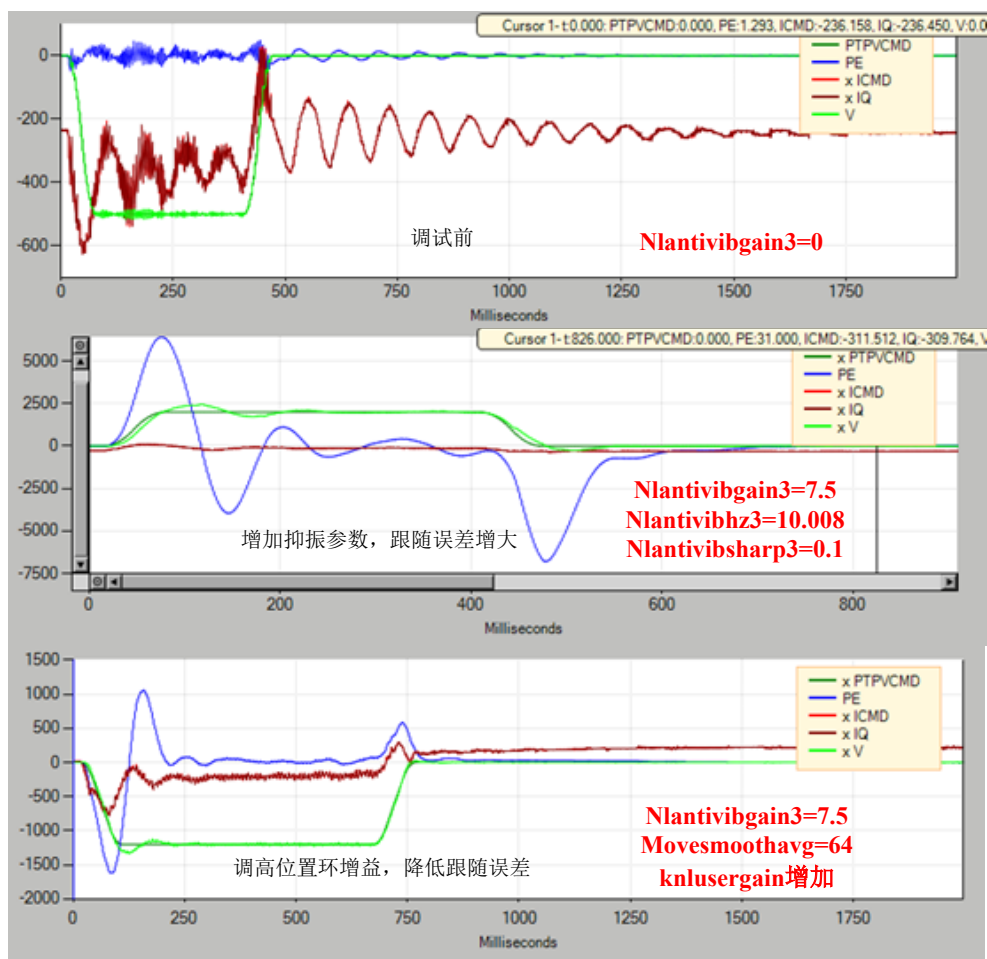


图 3-22 抑振参数和位置环增益同时使用

### 3.5 总结

通过 HD 算法调试好位置环增益之后, 可设置驱动器控制模式, 配合控制器开始做运动控制, 并进行图像监控。

## 第 4 章 控制模式设置

### 4.1 GTHD 控制算法概述

GTGD 伺服驱动器从电流环到速度环到位置环都有专门的控制算法，如前所述，电流环使用默认配置算法即可，速度环和位置环的算法需选择和调试。速度环的控制算法如图 4-1 所示，位置环的控制算法如图 4-2 所示。

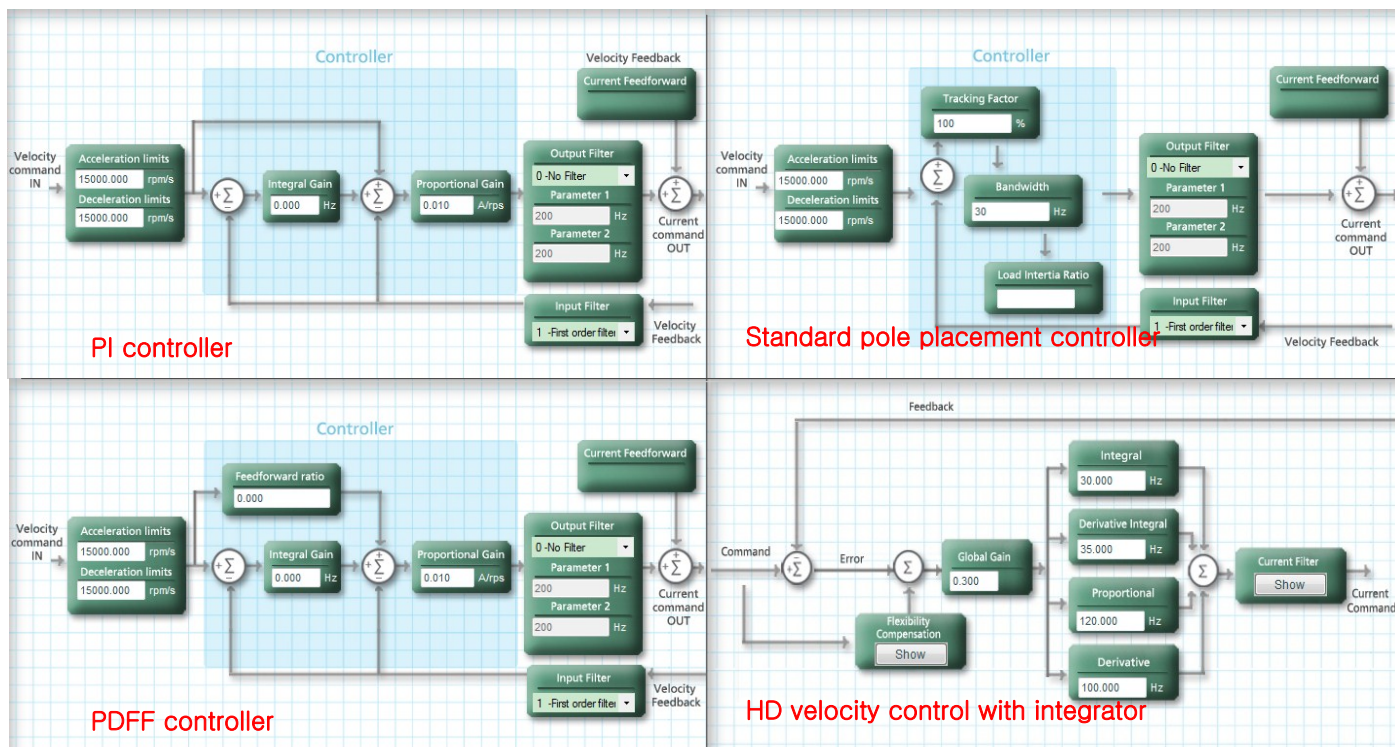


图 4-1 速度环控制算法

速度环的控制算法包括：PI 控制、PDFF 控制、标准极点配置控制和 HD 非线性速度控制。有关这四种算法的详细说明可参考《GTGD 使用手册》“速度环调试”这一章节。

位置环的控制算法，包括传统的带前馈的线性算法和原创的、带有专利的 HD 非线性算法。HD 算法集成了速度环和位置环，实现最小整定时间和最低误差，快速高效的实现电机调速。HD 算法的缺点是，自整定结果过硬，电机运转过程中容易产生噪音，可将全局增益降低再精调。有关这两种算法的详细说明可参考《GTGD 使用手册》“位置环调试”这一章节。

在实际使用过程中，如想快速调试，速度环和位置环均可采用 HD 算法。有关 HD 算法的详细调试参考第三章。



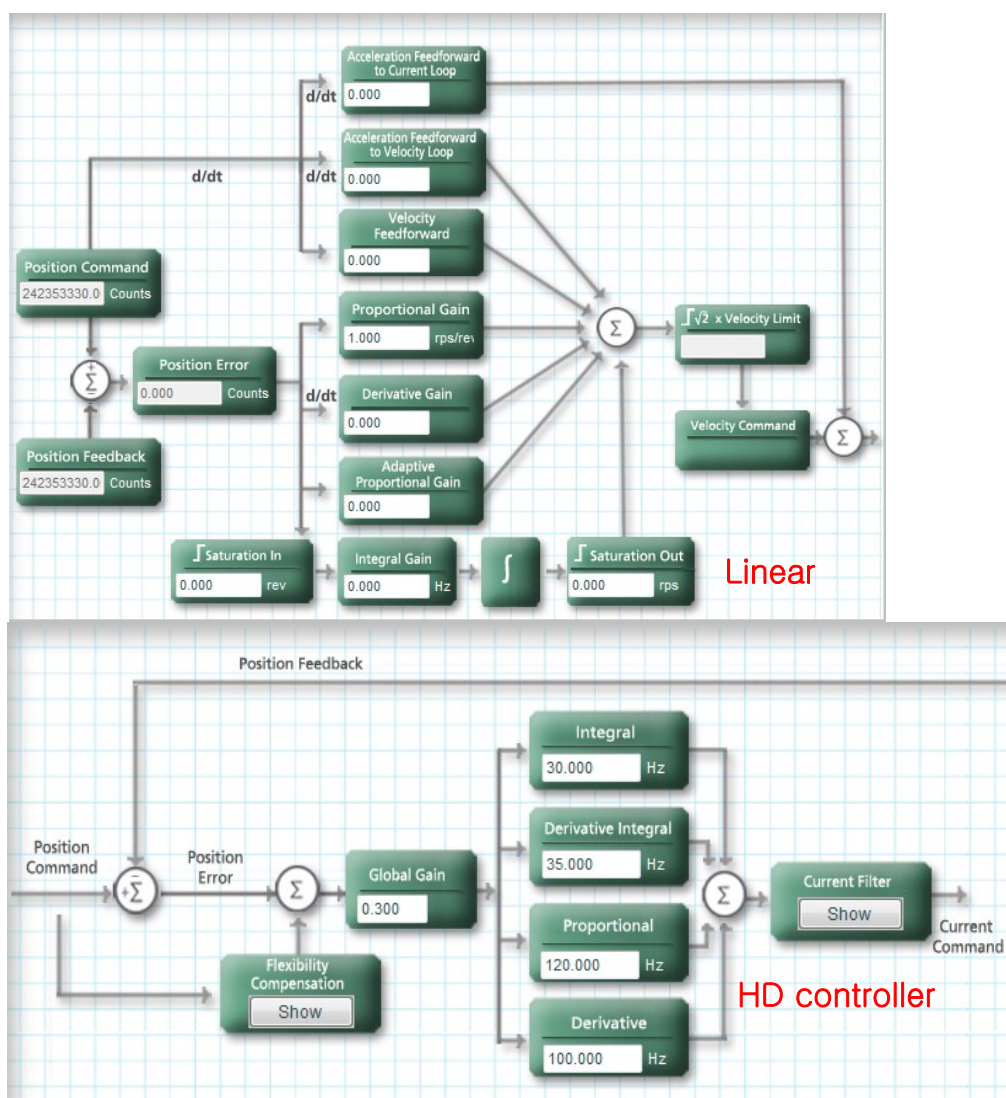


图 4-2 位置环控制算法

## 4.2 串口电流模式

在“Motion”运动界面中，选择模式 2-串口电流模式，即 OPMODE=2，GTHD 驱动器只在电流环起作用。通过串口给定指令电流，驱动器在指令电流下运动。有关串口电流模式说明可参考《GTHD 使用手册》“串口电流模式”一节。串口电流模式常在电流环调试时使用。

串口电流模式指令可在 Motion 界面中输入，也可在 Scope 示波器输入，如图 4-3 所示，且常在示波器输入指令，便于查看电流跟随曲线。

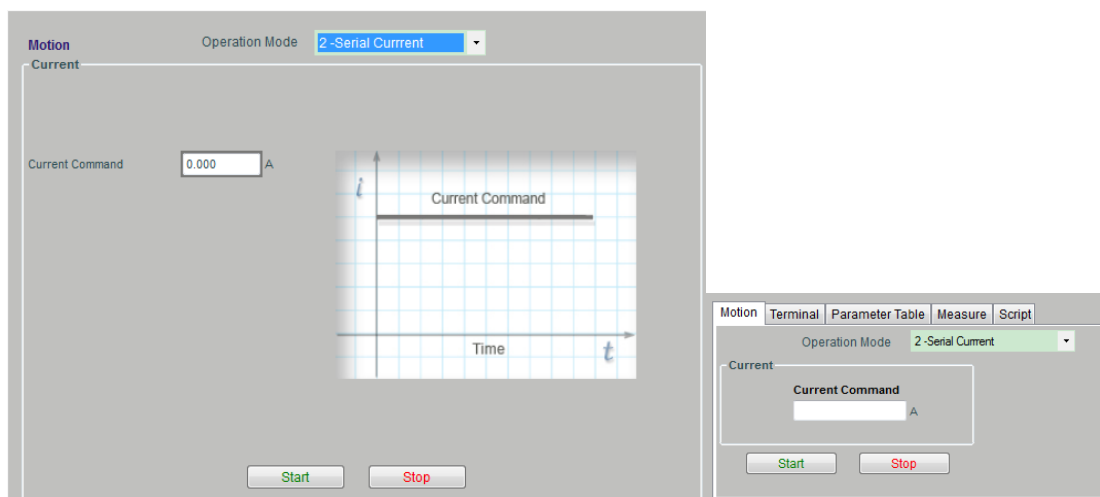


图 4-3 串口电流模式设置

### 4.3 串口速度模式

在运动界面中，选择模式 0-串口速度模式，即 OPMODE=0，GTHD 驱动器在电流环和速度环起作用。通过串口给定速度指令，驱动器规划期望速度曲线。有关串口电流模式说明可参考《GTHD 使用手册》“串口速度模式”一节。串口速度模式常在速度环调试、电机阶跃响应测试时使用。

串口速度模式指令可在 Motion 界面中输入，也可在 Scope 示波器输入，如图 4-4 所示。且常在示波器输入指令，便于查看速度跟随曲线。

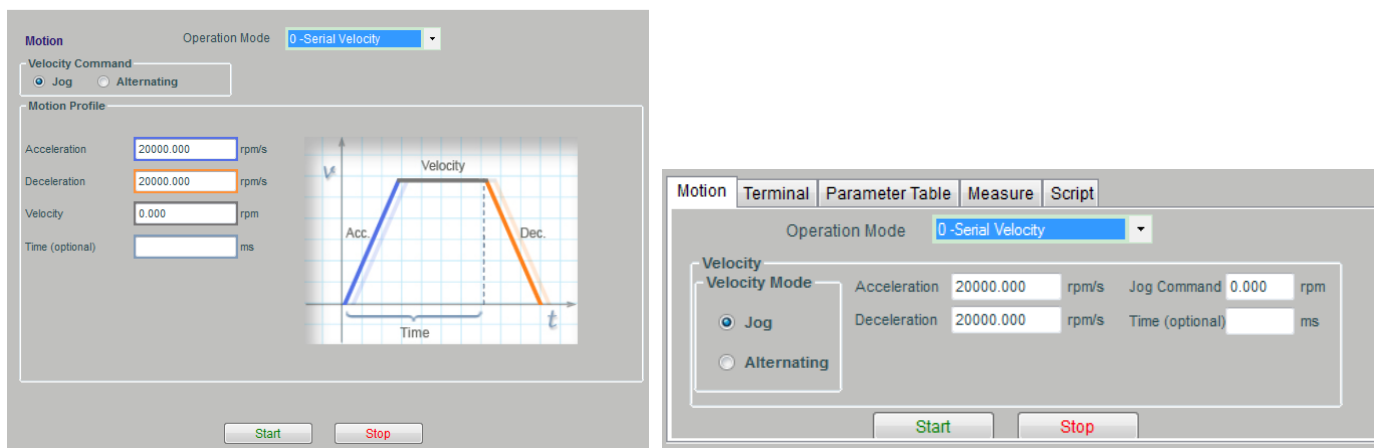


图 4-4 串口速度模式设置

### 4.4 位置控制模式

在运动界面中，选择模式 8-串口位置模式，即 OPMODE=8，GTHD 驱动器在电流环、速度环和位置环起作用。通过串口给定运动指令，包括目标位置、速度、加速度、减速度等，驱动器规划期望位置曲线。有关串口位置模式说明可参考《GTHD 使用手册》“串口位置模式”一节。串口位置模式常在位置环性能调试或者总线控制时使用，是 GTHD 驱动器使用最多的模式。

串口位置模式指令可在 Motion 界面中输入，也可在 Scope 示波器输入，如



图 4-5 所示。且常在示波器输入指令，便于查看跟随误差、速度跟随等曲线。

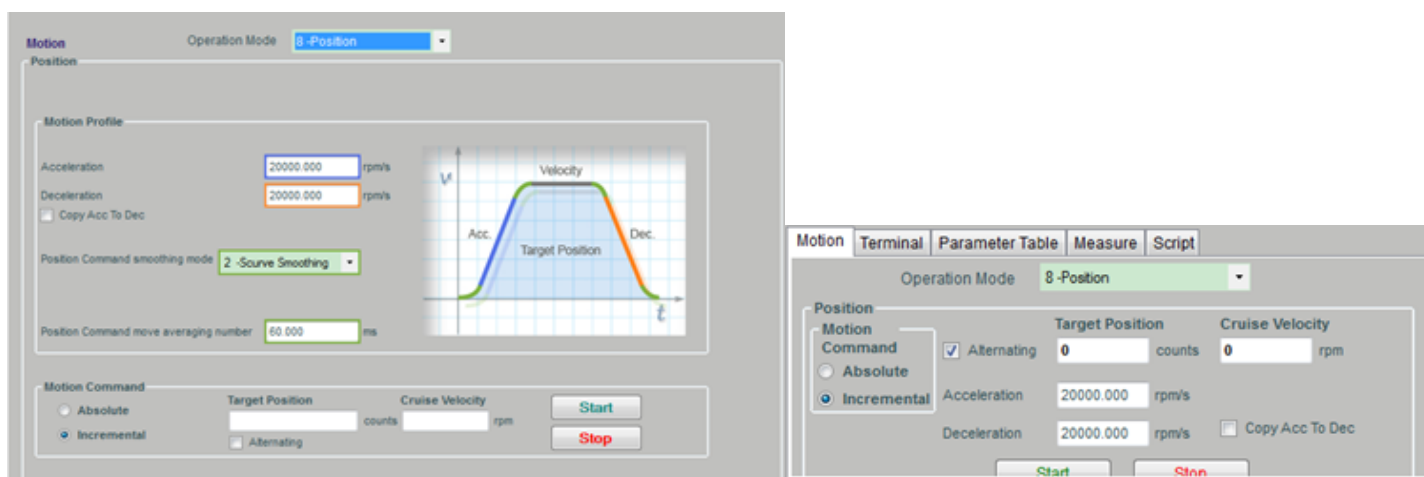


图 4-5 串口位置模式设置

## 4.5 电子齿轮控制模式

在运动界面中，选择模式 4-电子齿轮模式，即 OPMODE=4，GTHD 驱动器在电流环、速度环和位置环起作用。使用电子齿轮模式前，一定要调试好位置环的电机性能。有关电子齿轮模式说明可参考《GTHD 使用手册》“电子齿轮模式”一节。电子齿轮模式下，驱动器只接受来自控制器或者 PLC 的脉冲指令，不接受来自串口的运动指令。

电子齿轮模式设置一共分为四个步骤：

(1) 将驱动器配置为电子齿轮模式，如图 4-6 所示为指令输入为脉冲加方向时的设置方法。



图 4-6 电子齿轮位置模式设置

(2) 设置驱动器的电子齿轮比。

1) 对于旋转电机，要求控制器发 10000 个脉冲，旋转电机走一圈，同时驱动器反馈给控制器 10000 个脉冲，参数设置如图 4-7 所示，

ENCOUTMODE=1;

ENCOUTRES=2500;

XENCRES=10000 (|GERAOUT|=|GEARIN|=1)。

2) 对于直线电机, 如果要求控制器发 10000 个脉冲, 直线电机走 1mm, 且电机磁极距是 48mm, 若控制器端要求驱动器输出当量为 1mm=10000 脉冲, 在直线电机走完一个磁极距, 控制器需要收到 480000 个脉冲, 四倍频之前为 120000 线, 即 ENCOUTRES=120000LPP, ENCOUTMODE=2。

XENCRES=480000 (|GERAOUT|=|GEARIN|=1)。

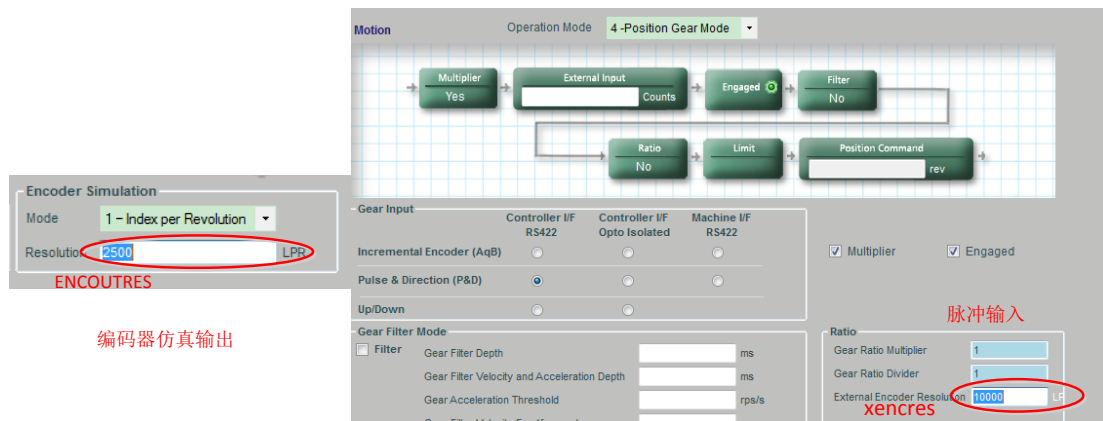


图 4-7 电子齿轮比设置

(3) 打开远程使能、报警和清错 IO 信号, IO 信号设置应与硬件接线对应, 如图 4-8 所示为固高控制器和 GTHD 驱动器之间接线的 IO 设置, 其中报警设置要取反。

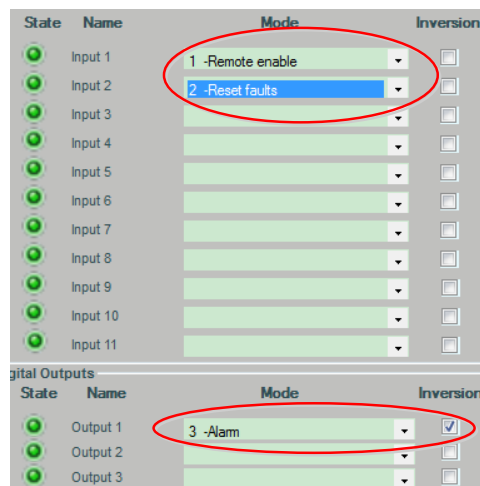


图 4-8 远程使能、报警和清错等 IO 信号设置

(4) 打开软件使能, 驱动器的使能信号来源于软件使能和远程使能 (即通过 IO 发送使能信号) 如图 4-9 所示。

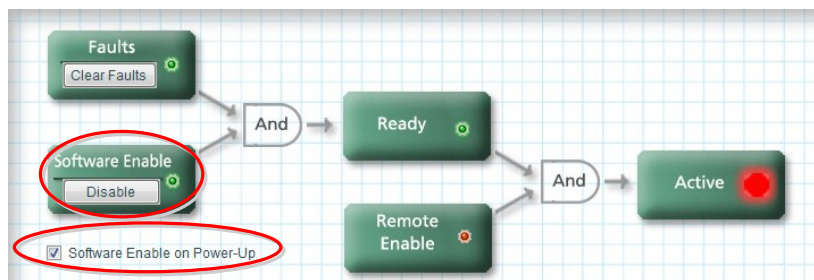


图 4-9 软件使能设置

## 4.6 CANOpen/EtherCAT 总线控制模式

GTHD 伺服驱动与总线通信有关的参数见表 3-8.

表 3-8 总线通信参数

参数	参数中文意义	取值范围
<b>Commode</b>	通信模式开关（总线开关）	0: 关闭总线，通过串口控制 1: 打开总线
<b>Syncsource</b>	总线类型	5: 同步控制信息来源是 ECAT 6: 同步控制信息来源是 CANOpen
<b>Fbitidx</b>	通信周期指数	-128~64
<b>Fbitprd</b>	通信周期底数	1~255
<b>Pden</b>	通信周期的电子齿轮比分母	1~4294967295
<b>Pnum</b>	通信周期的电子齿轮比分子	1~4294967295

通信周期参数说明: 如设置 Fbitidx=-3, fbitprd=1, 那么通信周期是  $1^{-3}s = 1ms$ 。

Firmware version 为 1.15.29 以上的固件，只需要在 opmode=8 的位置环调试完成之后，将 commode 设置成 1，同时设置好 pden、pnum，save 后驱动重新上电即完成总线配置。其它通信参数如 syncsource、fbitidx、fbitprd 都不必设置，在总线通信里，控制器自动发指令配置完成。

关闭总线，需要将 commode 设置成 0，save 后驱动重新上电完成配置。

## 4.7 总结

驱动调试完成后的重要步骤是和控制器的配合使用，需注意细节正确配置。

# 第 5 章 常见报警处理

有关 GTHD 报警详细说明，请参考《GTHD 使用手册》“驱动器诊断”这一章节，如果出现报警，也可以在 ServoITE 软件 help 帮助文档中搜索解决办法。或者在软件“Enable & Faults”栏目中查看报警处理办法。

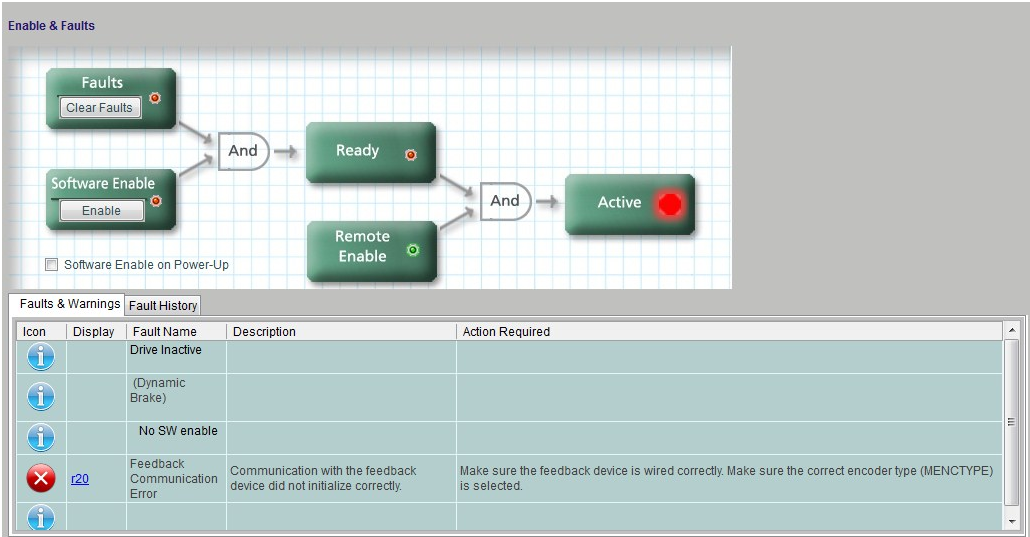


图 5-1 Enable & Faults 报警提示信息栏

## 5.1 GTHD 报警代码

<div><div>o</div><div>-</div><div>-1</div><div>-5</div><div>0</div><div>1</div><div>2</div><div>3</div><div>4</div><div>8</div><div>A4</div><div>At1</div><div>b</div><div>b1</div><div>e</div><div>C1</div><div>E</div><div>E</div><div>e101</div><div>e105</div><div>e106</div><div>e107</div><div>e108</div><div>e109</div><div>e120</div><div>e121</div></div>	<div><div>F</div><div>F1</div><div>F2</div><div>F3</div><div>Fb1</div><div>Fb2</div><div>Fb3</div><div>Fb4</div><div>H</div><div>H</div><div>J</div><div>J1</div><div>J2</div><div>L1</div><div>L2</div><div>L3</div><div>L4</div><div>L5</div><div>L6</div><div>n</div><div>n</div><div>n1</div><div>n3</div><div>n41</div><div>n42</div><div>o</div><div>o15</div><div>0-15</div><div>o5</div><div>p</div></div>	<div><div>r</div><div>r10</div><div>r14</div><div>r15</div><div>r16</div><div>r17</div><div>r18</div><div>r19</div><div>r20</div><div>r21</div><div>r23</div><div>r24</div><div>r25</div><div>r26</div><div>r27</div><div>r28</div><div>r29</div><div>r34</div><div>r35</div><div>r36</div><div>r37</div><div>r4</div><div>r5</div><div>r6</div><div>r8</div><div>r9</div><div>t</div><div>t1</div><div>t2</div><div>t3</div><div>u</div><div>u</div></div>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

图 5-2 GTHD 所有报警代码

图 5-2 是 GTHD 所有报警代码，其中常出现的报警包括逻辑电供电报警、编码器报警、运动过程中的报警等。

## 5.2 GTHD 报警处理

### 5.2.1 逻辑电报警

逻辑电报警有以下两种报警：

表 5-1 逻辑电报警

报警代码	报警含义	处理方法
<b>o</b>	过压	检查是否要加制动电阻，或者制动电阻连接线松了
<b>u</b>	欠压	检查驱动器 L1、L2、L3 逻辑电是否上电

检查逻辑电报警可选择 ServoITE 软件中 Power rating 选项，进入图 5-3 所示画面。

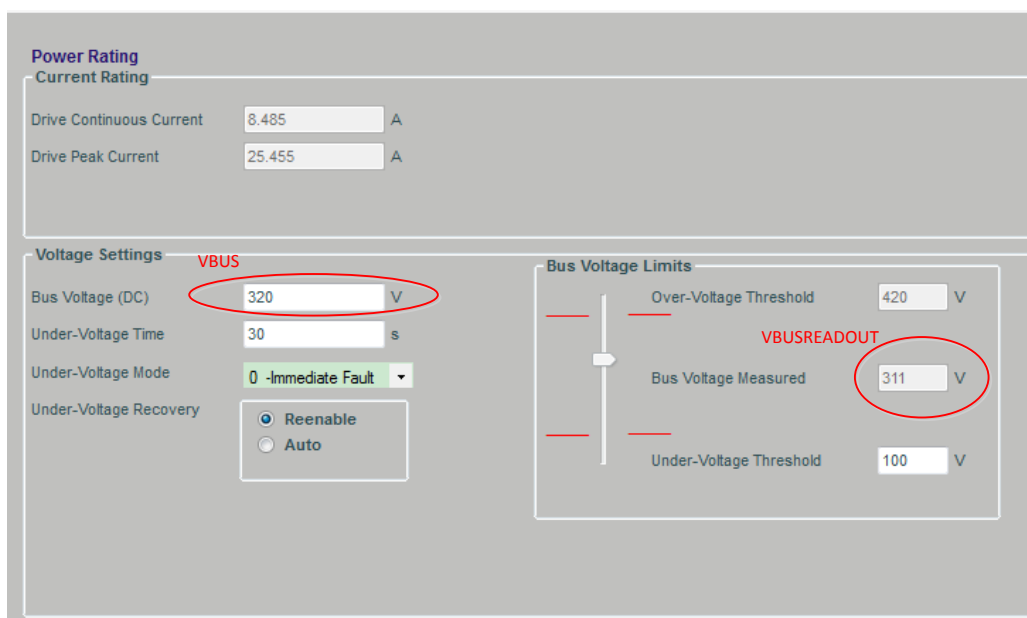


图 5-3 母线电压监控界面

其中。VBUS 是名义母线电压，如驱动器是中压的，即输入电压是每相 220VAC，VBUS 设定值为 320V；如驱动器是高压的，即输入电压是每相 380VAC，VBUS 设定值为 540V。

与逻辑电报警有关的指令是 VBUSREADOUT，该指令显示驱动器内部实时监控到的母线电压，一旦电压高于上限报警“o”，电压低于下限报警“u”。具体解决办法见表 5-1 所示。

### 5.2.2 编码器报警

编码器报警是报警频率最高，解决难度最大的报警，报警代码有以下几种：

表 5-2 编码器报警

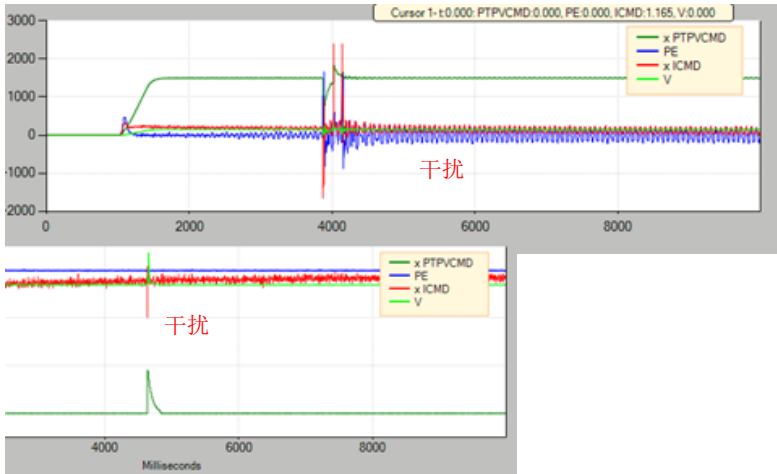
报警代码	报警含义	处理方法
r20	反馈通信错误	■ 检查反馈类型是否正确
		■ 检查编码器插头是否松动，插头焊线是否正确
		■ 检查编码器干扰
r29	多摩川绝对值编码器供电电池过低	多摩川绝对值编码器供电电池低压，先给编码器供 3.6V 的直流电，并在终端输入 ->TMTURNRESET ->CLEARFAULTS
r4	A/B 相信号断开	■ 编码器类型未选
		■ 直线电机光栅尺，检查光栅尺滑头与电机之间的安装距离是否过大
		■ 编码器 AB 线断掉，检查焊线是否正确
r5	Index 信号断开	检查编码器是否有 Index 信号以及信号线是否焊接好
r6	非法霍尔信号	检查编码器是否有霍尔信号以及信号线是否焊接好



经验

★ 检查编码器干扰可以通过检查曲线或者输入干扰指令排查

■ 在 scope 连续监测 pe、v、icmd、iq，在不给指令或者给连续指令的情况下，曲线有大幅度的突变，都是干扰引起的，如下图所示。



■ 在 terminal 输入 “Password he110”如果在某时刻 errcnts 1、 errcnts 0 两个值飙升，说明在这个时刻的干扰很大，正常情况下两个值都是 0。

All	Command	Value
<input checked="" type="checkbox"/>	errcnts 0	
<input checked="" type="checkbox"/>	errcnts 1	

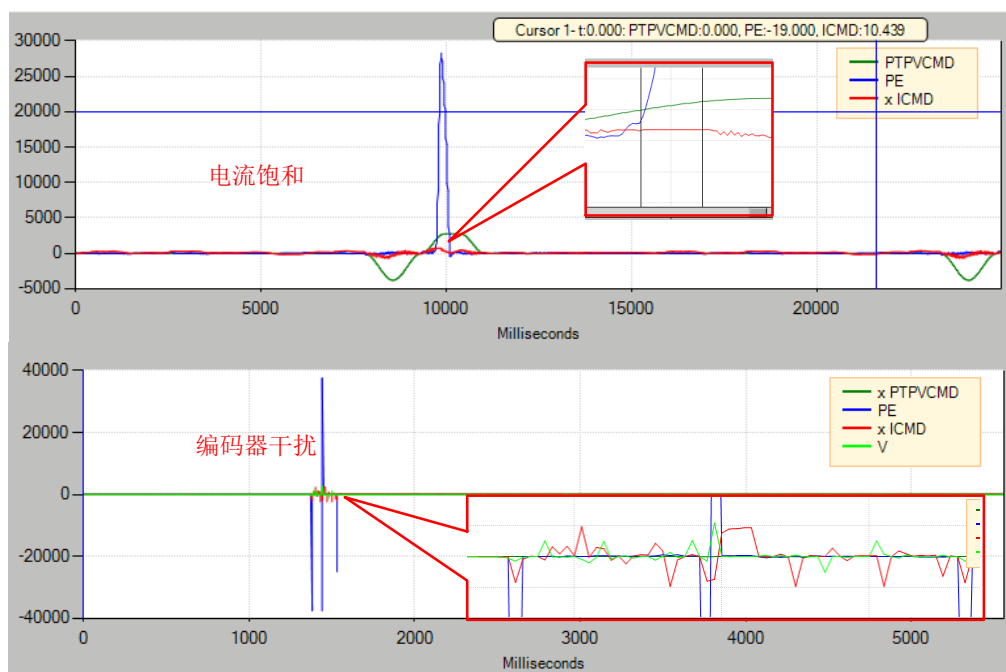
5.2.3 运动过程报警

表 5-3 运动过程报警

报警代码	报警含义	处理方法
J1	超过最大位置误差 PEMAX 限制	■ 检查 PEMAX 参数是否设置过小
		■ 检查电机运行过程中电流是否饱和
		■ 如电机带抱闸，检查抱闸是否完全松开
		■ 检查编码器干扰
		■ 检查编码器插头是否插反了，编码器和电机 UVW 线不是插在同一台驱动上
F1	驱动折返报警，运动过程中平均电流超过驱动额定电流	■ 用电流环脚本指令检查电流环配置是否正确
		■ 驱动选型选小了，换大驱动
F2	电机折返报警，运动过程中平均电流超过电机额定电流	■ 用电流环脚本指令检查电流环配置是否正确
		■ 电机选型选小了，换大电机



★ 电机运动过程中报 J1 警比较常见，需要仔细排查，耐心甄别问题原因。如下图，运动过程中同样报 J1 警，但是根据采集的不同波形，发现报警缘由也不一样。图上方是因为电流饱和，加速阶段加速度不够导致电机跟不上指令而产生跟随误差过大报警。图下方是干扰引起跟随误差过大。



## 5.2.4 驱动器设置报警

表 5-4 驱动器设置报警

报警代码	报警含义	处理方法
-1	超过最大位置误	■ 参数未确认，输入 config 或者点击 config 按钮
		■ 修改参数超过上下限，无法确认
H	电机过温报警	检查电机是否有温度传感器，如无温度传感器，将参数 THERMODE 设置为 3

### 5.3 总结

在驱动调试过程中，要时时保证驱动不报警无警告，实时监控驱动异常，耐心排查参数设置和外部接线。



## 第 6 章 应用经验

### 6.1 直角坐标机械手

图 6-1 为某 20KG 直角坐标机器人，该设备使用 GTHD 配多摩川旋转伺服电机。由于直角坐标机械手应用时，各轴单独运行，无耦合关系，可加大平滑时间防止振动，同时 X 轴、Y 轴需采用抑振功能，具体参数详见表 6-1。

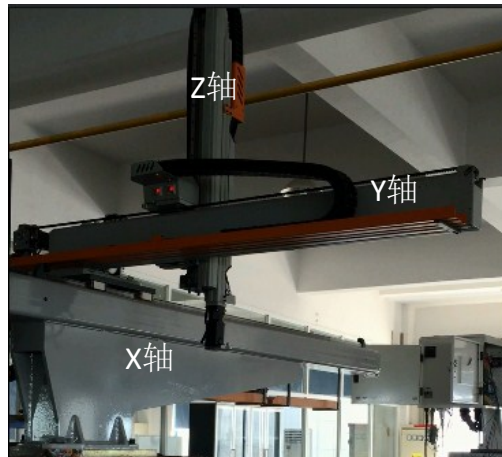


图 6-1 某 20KG 直角坐标机器人

表 6-1 某 20KG 直角坐标机器人驱动参数

		X 轴	Y 轴	Z 轴
驱动器型号		GTHD-006-2AAF1	GTHD-006-2AAF1	GTHD-006-2AAF1
电机型号		多摩川 1KW TSM1306N8270	多摩川 750W TS4614N2190	多摩川 1KW TSM1306N8270
负载 惯量比	LMJR	12.86	0.28	12.86
操作 模式	Opmode	8	8	8
指令 滤波	Movesmoothmode	2	2	2
	Movesmoothsrc	15	15	15
	Movesmoothavg	256	256	128
	Acc	10000	10000	10000
	Dec	10000	10000	10000
PID	Knusergain	0.7	0.65	0.25
	Knld	20	30	20
	Knliv	20	13	35
	Knlp	30	26	45
	Knli	16	8.05	20
电流	Nlnotchcenter	1333	1333	1333

滤波	Nlnotchbw	300	300	300
	Nlfiltt1	2.5	0.8	0.3
	Nlfiltidamping	75	50	50
柔性 补偿	Nlpeaff	500	400	200
	NlafflpfHz	40	75	130
自适应 控制	Nlmaxgain	1.6	1.6	1.6
抑振 参数	Nlantivibgain3	1	2	0
	NlantivibHz3	10	7.8	400
	Nlantivibsharp	0.1	0.1	0.2

## 6.2 6R 关节机械手



图 6-2 某 20KG、150KG 关节机器人

在调试关节机器人系统时，需清楚该系统是一个变惯量系统，在不同位姿情况下会有不同的系统特性，一定会对电机性能造成影响。所以调试需要特别精细。

第一，以 Axis1 为例，首先让机器人处于零点位置，进行初步调试驱动器参数，使得系统 VT 曲线中的 V 和 PTPVCMD 可以吻合。此时观察 IQ，ICMD，这代表电流环的实际电机出力，肯定会在额定电流范围以内。初步调试好以后，将机器人展开，让 Axis2，Axis3 逐步伸平（这个度要根据实际的工况来看，比如在产线上应用的时候，机器人可能不会到这种极限姿态——往往在真正应用的时候，一定可以通过机器人的摆放和底座的高度的调整，保证机器人可以在一个比较好的运行姿态下进行工作，以保证性能和节拍）到跟实际工况接近或者更加恶劣一点的姿态，再次进行 VT 曲线跟踪调试驱动器参数。

第二，在调试参数的过程中，实际上不需要用额定转速进行调试。一般 Axis4、5、6 属于小惯量电机，额定 3000RPM，峰值 4500RPM 或者 5000RPM，我们调试的时候，目标位置 P 给方波信号，比如在正负两转的位置之间运动，PTPVCMD

速度仅设置到 700~800RPM，ACC，DEC 都设置到 8000RPM/s 左右即可（因为实际运行的时候，机器人轨迹规划器会给出更加光顺的加速度曲线）。Axis1、2、3 可以用比上述参数小一点的值来调试即可。也就是选用一组参数来进行 tuning，以代替机器人正常运行过程中的工况。这一步调好以后，基本可以确定当前轴电机参数比较合适了。此时 IQ 一定不能达到饱和状态，否则说明电机选小了，一般机器人专用电机至少可以做到 3 倍过载。所以除非在极高加减速速度段才会出现饱和现象。

第三，如果机器人在此位置有抖动，那么需要仔细记录 IQ 和 ICMD，并且对 ICMD 取 FFT 变换，查询抖动频率（这一步可以参考 ServoStudio Help 文档中的 AntiVab Tuning 部分）。进行振动抑制。

第四，需要特别注意的是，如果驱动器用的是位置环，一定要在 ServoITE 的 Motion 一页中，勾选指令输入的 V 和 Acc 滤波器，长度可以在 4ms~8ms 之间，以平滑指令输入，减少抖动。但是一旦有一个轴增加了这个滤波器，必须所有轴都加同样长度的滤波，否则会造成 6 轴响应不一致，而影响轨迹精度。

第五，以上是通过驱动器自身发送指令来调试。接下来就要用上机器人控制软件，让机器人在正常规划运行情况下运动起来，仔细调整每一个轴的驱动器参数，以确保在上层规划器动作情况下让机器人得到更好的性能。

综上，在六关节机器人应用中，主要是第 2、3 两轴负载最大，最易产生振动，调试时采用较小的加减速，调试时可设置  $acc=dec=10000\sim15000$ ，同时各轴加平滑如设置  $movesmoothavg=64$ ，另外加振动抑制的同时要结合位置环增益调试，避免出现过大跟随误差，以致运动不连贯，有停顿现象

表 6-2 某 20KG 关节机器人驱动电机清单

	1 轴	2 轴	3 轴	4 轴	5 轴	6 轴
驱动器型号	GTHD-013 -2AAP1	GTHD-013 -2AAP1	GTHD-006 -2AAP1	同 3 轴	同 3 轴	GTHD-003 -2AAP1
电机型号	多摩川 2kw	多摩川 2kw	多摩川 750w	多摩川 400w	多摩川 400w	多摩川 200w
编码器	多摩川 17bits	同上	同上	同上	同上	同上

表 6-3 某 20KG 关节机器人驱动参数

		1 轴	2 轴	3 轴	4 轴	5 轴	6 轴
负载 惯量比	LMJR	8	15	12	5	3.61	9.09
操作 模式	Opmode	4	4	4	4	4	4
指令 滤波	Movesmoothmode	2	2	2	2	2	2
	Movesmoothsrc	15	15	15	15	15	15
	Movesmoothavg	64	64	64	64	64	64
	Acc	10000	10000	10000	10000	10000	10000

	Dec	10000	10000	10000	10000	10000	10000
PID	Knusergain	0.125	1	0.3	0.65	0.4	0.3
	Knld	50	20	35	70	130	100
	Knliv	75	19	110	30	40	60
	Knlp	160	20	130	60	60	65
	Knli	120	30	150	40	40	50
电流 滤波	Nlnotchcenter	1333	1333	1333	1333	1333	1333
	Nlnotchbw	300	300	300	300	300	300
	Nlfltt1	1.2	1	1.6	1	1.2	1
	Nlfltdamping	50	60	85	70	40	75
柔性 补偿	Nlpeaff	100	200	400	400	400	400
	NlafflpfHz	300	28	150	300	450	420
自适应 控制	Nlmaxgain	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
抑振 参数	Nlantivibgain3	2	7	7.5	0	0	0
	NlantivibHz3	9.005	8.004	12.006	-	-	-
	Nlantivibsharp	0.1	0.1	0.1	-	-	-

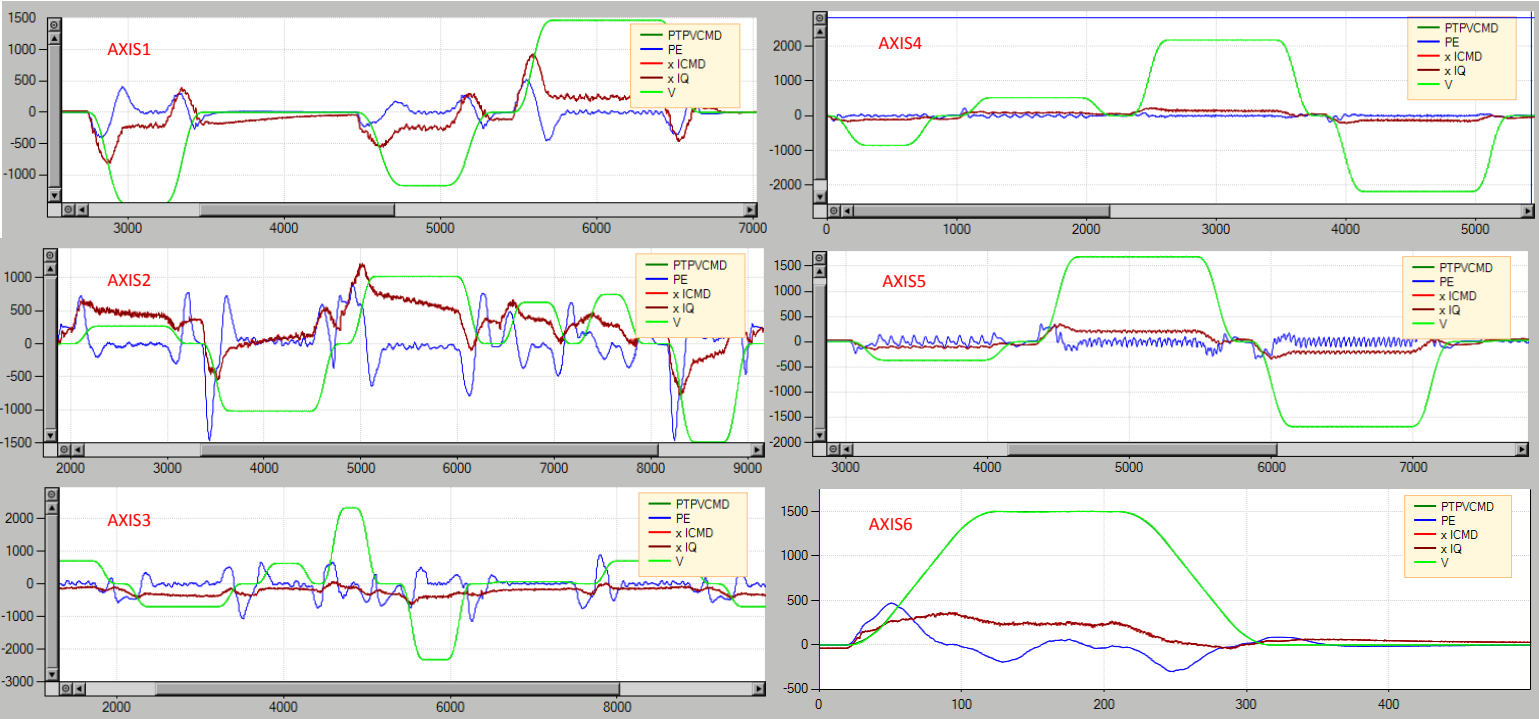


图 6-3 某 20kg 关节机器人曲线图像

表 6-4 某 150KG 关节机器人驱动电机清单

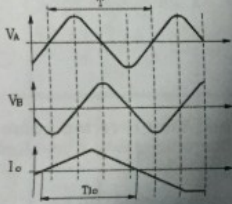
	1 轴	2 轴	3 轴	4 轴	5 轴	6 轴
驱动器型号	GTHD-024-4DEC2	同 1 轴	同 1 轴	GTHD-012-4DEC2	同 4 轴	同 4 轴
电机型号	拉法特 4566w	同 1 轴	同 1 轴	拉法特 3644w	同 4 轴	同 4 轴
编码器	Endat2.2 19bits	同上	同上	同上	同上	同上

表 6-5 某 150KG 关节机器人驱动参数

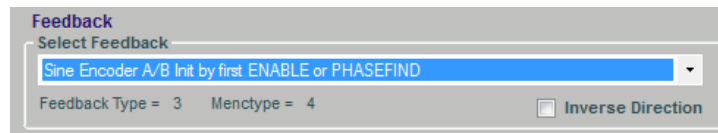
		1 轴	2 轴	3 轴	4 轴	5 轴	6 轴
负载 惯量比	LMJR	20	12	4	3	3	3
操作 模式	Opmode	8	8	8	8	8	8
指令 滤波	Movesmoothmode	2	2	2	2	2	2
	Movesmoothsrc	15	15	15	15	15	15
	Movesmoothavg	128	128	128	128	128	128
	Acc	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	Dec	10000	10000	10000	10000	10000	10000
PID	Knusergain	0.1	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5
	Knld	70	72.219	79.719	72.6	70	75
	Knliv	110	90	80	42	39.93	48.23
	Knlp	200	140	90	42	32.94	43.48
	Knli	140	100	50	15	12	13.26
电流 滤波	Nlnotchcenter	1333	1333	1333	1333	1333	1333
	Nlnotchbw	300	300	300	300	300	300
	Nlfiltt1	2.8	2	2.8	3	3	3
	Nlflitdamping	100	100	100	0	100	10
柔性 补偿	Nlpeaff	5000	5000	5000	4966.9	4966.9	4966.9
	NlafflpfHz	7000	7000	7000	7000	7000	7000
自适应 控制	Nlmaxgain	1	1	1	1	1	1
抑振 参数	Nlantivibgain3	1	6	3	0	0	0
	NlantivibHz3	8.838	7.067	7.4	-	-	-
	Nlantivibsharp3	0.1	0.1	0.1	-	-	-

## 附录 I GTHD 配 FagorMP 型光栅尺参数说明

### 1、Fagor 光栅尺编码器定义

Período del impulso de referencia $l_o = T/4$	Period of marker pulse $l_o: T/4$
MODELOS MP, MOP	MP, MOP MODELS
Tensión de alimentación: +5 V, $\pm 5\%$ , 100 mA.	Power supply voltage: +5 V, $\pm 5\%$ , 100 mA.
Longitud de cable permitida: 150 mts. máxima.	Maximum cable length: 150 m.
Señales de salida: Dos señales senoidales moduladas en tensión A y B desfasadas $90^\circ$ más sus invertidas /A, /B.	Output signals: Two voltage modulated sine-wave signals, A and B, shifted $90^\circ$ and their inverted pulse trains /A, /B.
	$V_A = 1V + 20\%, -40\%$ . pico a pico / peak to peak $V_B = 1V + 20\%, -40\%$ . pico a pico / peak to peak $V_{I_o} = 0.5V \pm 40\%$ . zona útil / useful zone $V_A, V_B \text{ \& } V_{I_o}$ centrados sobre 2,5 V $\pm 0.5V$ $V_A, V_B, \text{ \& } V_{I_o}$ centered on 2.5V $\pm 0.5V$
Impulso de referencia $l_o$ , más su invertida / $l_o$ : Modelo MP: Sincronizado con las señales A y B. Modelo MOP: Señal $l_o$ codificada	Marker pulse $l_o$ and their inverted pulse / $l_o$ : MP model: Synchronized with A and B signals. MOP model: Coded $l_o$
Período T para señales de conteaje: 20 $\mu m$ .	Period T of feedback signals: 20 $\mu m$ .
Período del impulso de referencia $l_o: 3T/4 : 3T/2$	Period of marker pulse $l_o: 3T/4 : 3T/2$

根据光栅尺类型，选择 feedbacktype=3，menctype=4 即增量式正（余）弦编码器-无霍尔传感器带 Index 信号的。ServoITE 上设置如下图。



### 2、编码器焊线定义

驱动器 26pin 插头引脚	双绞线缆	信号功能描述	光栅尺反馈线颜色
9	双绞	Sine+	绿色 Green
22		Sine-	黄色 Yellow
10	双绞	Cosine+	蓝色 Blue
23		Cosine-	红色 Red
3	双绞	Z+	灰色 Grey
16		Z-	粉红色 Pink
11		5V+	棕色 Brown
24		0	白色 White
26		屏蔽端	屏蔽端

■ 注：可将光栅尺反馈线屏蔽端接在插头金属外壳，不必接在 26 引脚

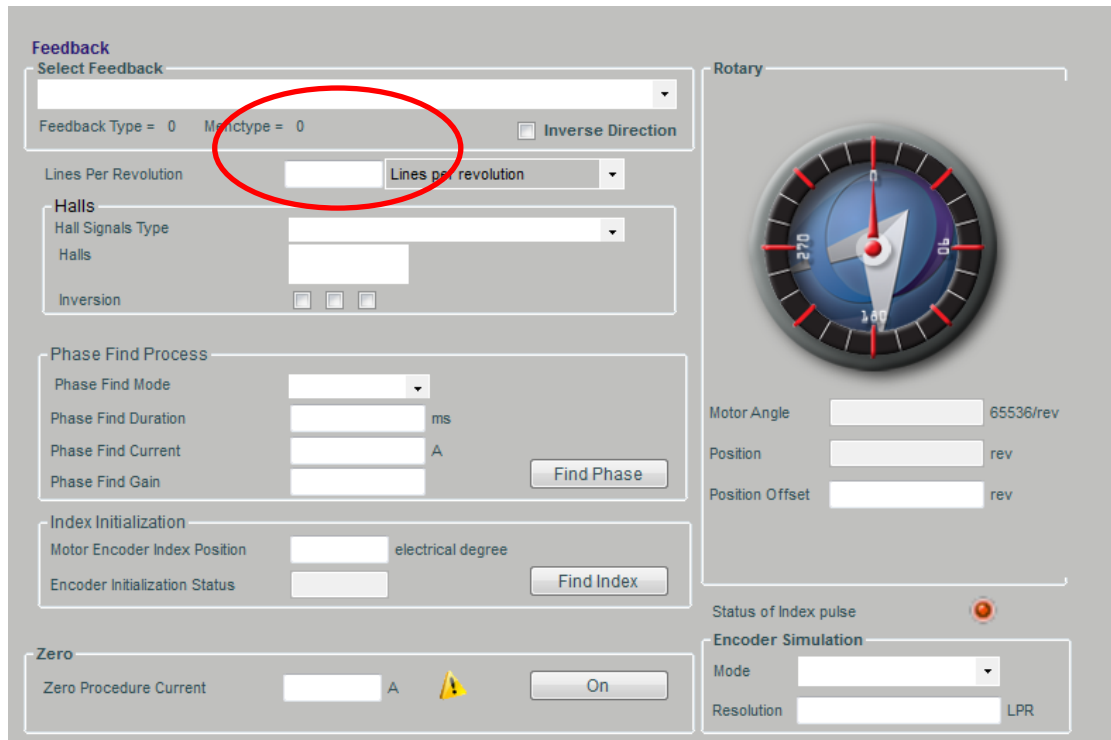


### 3、驱动器参数设置

#### (1) 编码器分辨率 MENCRES

已知条件，光栅尺的信号周期 20um，Sodic 直线电机的磁极距是 48mm，

$$\text{MENCRES} = x = \frac{\text{磁极距}}{\text{信号周期}} = 2400\text{LPP}$$

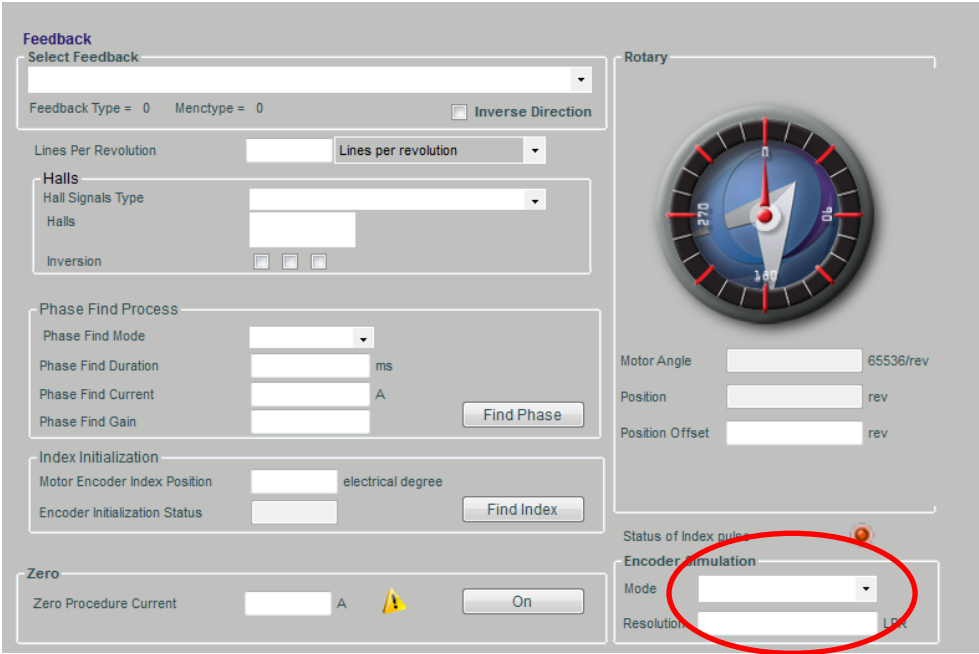


#### (2) 编码器等效输出模式及输出分辨率

##### 1) 编码器等效输出模式 ENCOUTMODE=2

##### 2) 编码器等效输出分辨率 ENCOUTRES

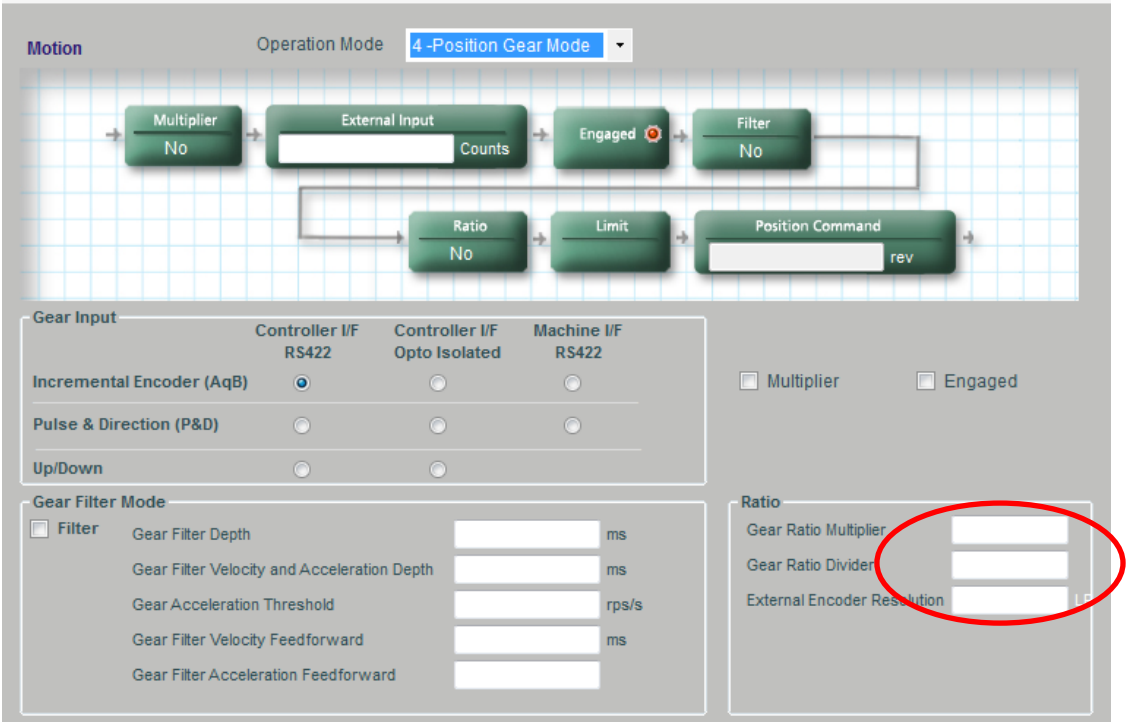
若控制器端要求驱动器输出当量为 1mm=10000 脉冲，在直线电机走完一个磁极距，控制器需要收到 480000 个脉冲，四倍频之前，线数是 120000，即 ENCOUTRES=120000LPP



(3) 电子齿轮比

电子齿轮是驱动器从控制器端接受到的脉冲个数和编码器计数之间的比例。齿轮比建立了输入脉冲数和电机轴增量位置之间比例关系。齿轮比计算如下：

$$\text{电子齿轮比} = \frac{\text{GEARIN}}{\text{GEAROUT}} * \frac{1}{\text{XENCRES}}$$



通过现场测试及使用，使用 Fagor 光栅尺的时，控制器端要求控制器输入到



控制器端 10000 个脉冲=1mm 的当量,则走一个磁极距需要输入 480000 个脉冲,电子齿轮比设为 $\frac{1}{480000}$ , 所以 GEARIN=GEAROUT=1, XENCRES=480000。

汇总所有的编码器参数如下:

参数名	取值	单位
MENCRES	2400	LPP
ENCOUTMODE	2	
ENCOUTRES	120000	LPP
XENCRES	480000	