

ACS 快速调试指南

目录

前言.....	2
1 文档范围.....	2
2.参考文档.....	2
一网络连接.....	3
1.硬件连接.....	3
2.EtherCAT 及系统配置.....	4
2.1 移除仿真.....	4
2.2 添加控制器.....	5
3.System Setup.....	5
二. 整机调试前准备.....	6
1.编码器验证.....	7
2.限位开关验证.....	7
*3.编码器计数方向验证.....	8
*4.I/O 验证.....	9
*5.进阶操作, 编码器距离验证.....	9
三. Adjust Wizard.....	10
1. 添加组件.....	10
2. Select Task.....	10
3. Initiation.....	11
4. Axis Structure.....	11
5.Components.....	12
(1)Motor.....	12
(2)Drive.....	12
(3)Feedback:Motor Feedback.....	13
(4)Calculate Parameters.....	13
6.Safety and Protection.....	14
(1)Motion Parameters Limits.....	14
(2)Current Limits.....	14
(3)Position Errors.....	15
(4)Position Limits.....	15
7.Miscellaneous Definitions.....	15
(1)Motion Completion.....	15
(2)Enable/Disable/Brake.....	16
(3)Dynamic Brake.....	16
(4)Home Switch.....	17
8.Verification.....	17
(1)Feedback: Motor Feedback.....	17
(2)Switches.....	17
(3)Stop,Aarm and Brake.....	18
9.Axis Setup and Tunning.....	18
(1)Current Loop.....	18
(2)Commutation.....	19
(3)Open Loop Verification.....	20

(4)Position and Velocity Loops.....	20
I. Settings and Identification.....	20
II. Basic Tuning.....	21
III. Bandwidth and Stability Verification.....	25
10.Save to Flash.....	27
附录一.....	28
1. Communication Terminal.....	28
2.Motion Manager.....	29
3.回零示例.....	30
附录二.....	31

前言

1 文档范围

本文档仅代表作者个人观点，仅作为初次接触 ACS 产品者上手使用，如果你从事使用 ACS 产品有一段时间则完全可以略过本文。

本文是调试手册，编程或者对以后设备的修改等等，并不一定要完全按照本文所说的步骤去操作。可以根据需要选择其中的几步，或者添加对应组件直接查看。

2.参考文档

- ◆SPiiPlus Setup Guide
- ◆SPiiPlus ACSPL+ Command & Variable Reference Guide
- ◆ACSPL+ Programmer's Guide
- ◆SPiiPlus MMI Application Studio User Guide

一网络连接

1.硬件连接

1.1 独立式 EtherCAT 主站控制器, 如 SPiiPlusEC 会有三个硬件网口, 其中 J3-- ETHERNET 连接工控机/上位机, J1--Primary (A) 连接从站/驱动器。

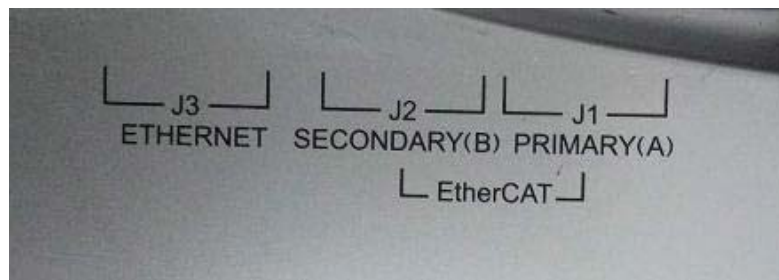


图 1.1

支持环网功能时 J2--SECONDARY 连接最后一个从站的 EtherCAT OUT

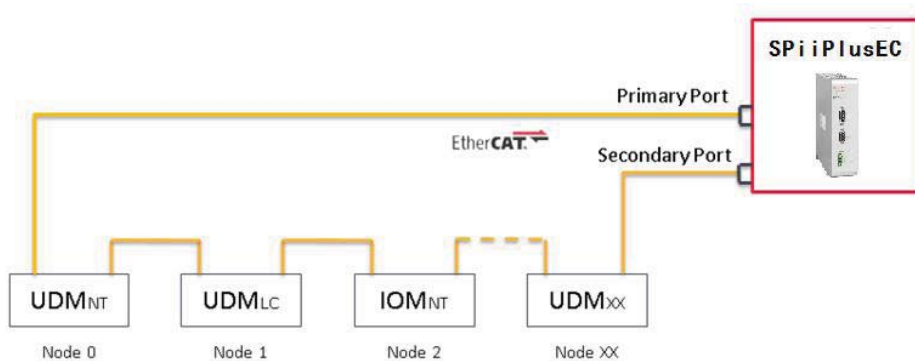


图 1.2

2.对于只有两个网口的控制器, 如下图 J5--ETHERNET 连工控机/上位机, J4--EtherCAT 连从站/驱动器。(若此模块不带控制功能 J5 连上一个从站的 EtherCAT OUT 或 EC 的 PRIMARY (A) 口)

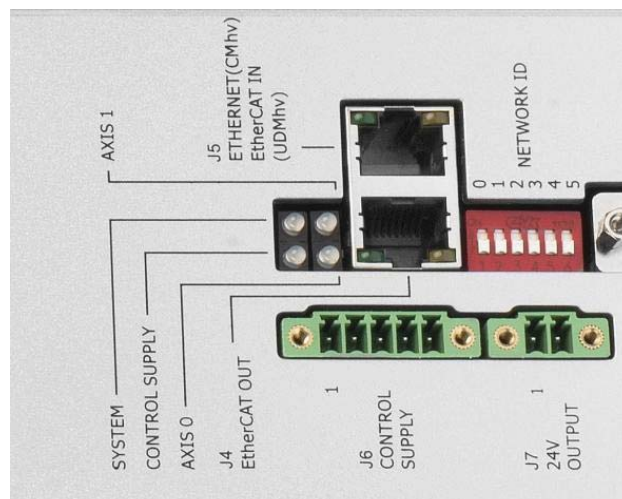


图 1.3

2.EtherCAT 及系统配置

在 WIN7 及以上的 Windows 版本中，打开“网络共享中心”，打开“更改适配器设置”界面，找到对应网卡，进入“属性”，修改电脑 IP 地址（如图 1.4）为 10.0.0.x（如 10.0.0.99）

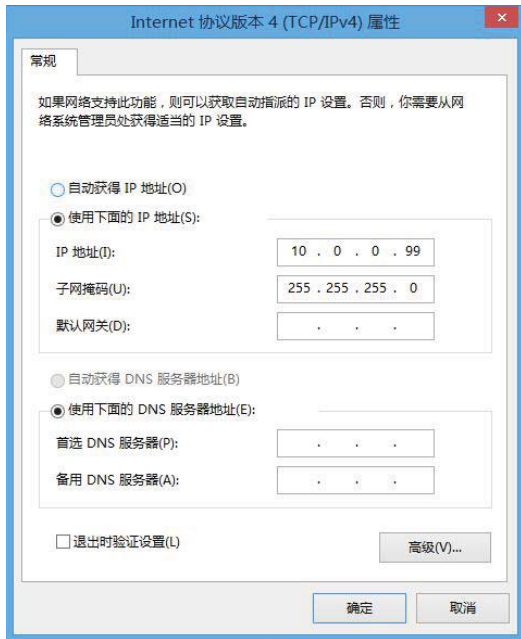


图 1.4

*EtherCAT 网络对线材质量比较敏感。即使是断断续续的小错误也能产生较大冲击，尤其是有多个节点的系统尤为明显。控制器仅能辨别 EtherCAT 端口是否故障并不能区别故障原因是端口故障还是线缆故障，所以选用较短优质网线有助于减少不必要的麻烦。

用网线连接各模块，通电以后观察各模块是否正常工作

2.1 移除仿真

首次打开应用环境时，在界面左上角 **Workspace** 里会有如图 2.1 中所示绿色 **Simulator** 控制器，建议移除该仿真控制器，以免带来不必要的误操作。在 **Simulator** 上右键，选择 **Remove** 即可。

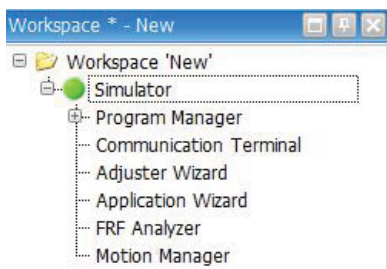


图 1.5

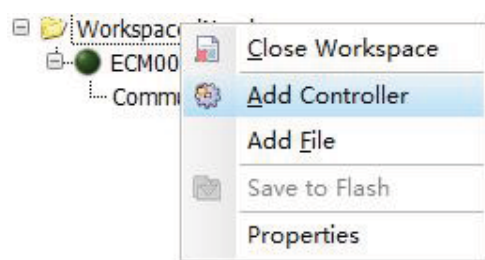


图 1.6

2.2 添加控制器

(1) 在上一步的基础上上右键选择 **Add Controller** 如图 1.6 所示，添加物理控制器。

(2) 点击 **Connect** 连接。MMI 默认在 Ethernet 下，通常直接连接的单个主控制器物理地址是 10.0.0.100 不需要修改。

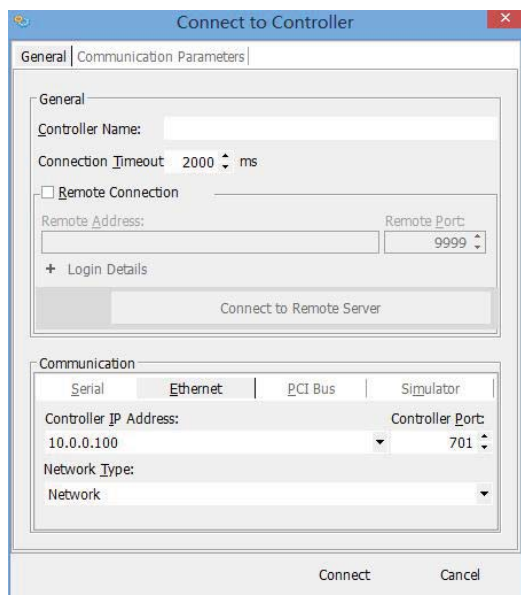


图 1.7

(3) 连接成功后显示绿色，代表连接成功。

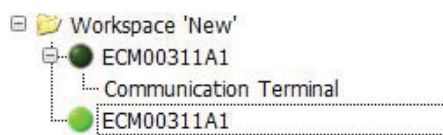


图 1.8

*通常添加步骤都是在上一级标题处右键在弹出的选择栏中添加。

*一个 MMI 可以添加多个控制器，也可以添加 Simulator 仿真控制器。

*下文所提到的组件如 Motion Manager、Scope、Communication Terminal 等都可通过相同方式添加。

3. System Setup

ACS 提供强大的组网功能可以将任何支持的模块快速连入网络，免去了复杂的组网和设置。使用 System Setup 解决两个问题：

- 定义一个新系统。当首次连接一个系统时（包括导入旧机器参数文件的新装机器）需要首先进行系统配置。
- 更新系统。更换/添加模块后需要重新配置系统。更换模块在网络中的位置同样要重新配置。

(1) 添加组件。在控制器上右键然后依次选择 **Add Component**→**Setup**→**System Setup**

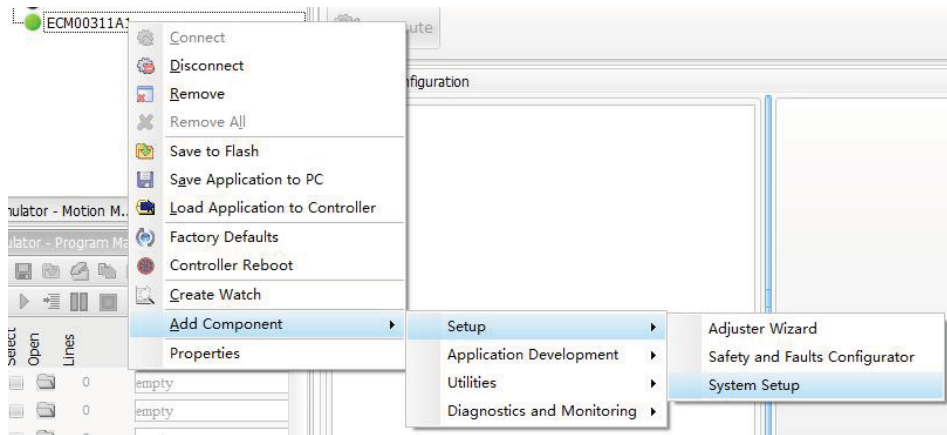


图 1.9

(2) 执行系统扫描及配置。单击 **Excute** 执行。(由于这步包含了多项任务，所以时间可能会比较久)

(3) 等待设置完成。如果有错误，检查从站间网线连接是否符合 CAT5E 及以上标准，各子模块控制供电等是否正常，是否存在其它可能的干扰源等，并且断电重启再次配置。多次配置后仍有错误，请截图并保存相关信息以后联系 ACS 工程师。

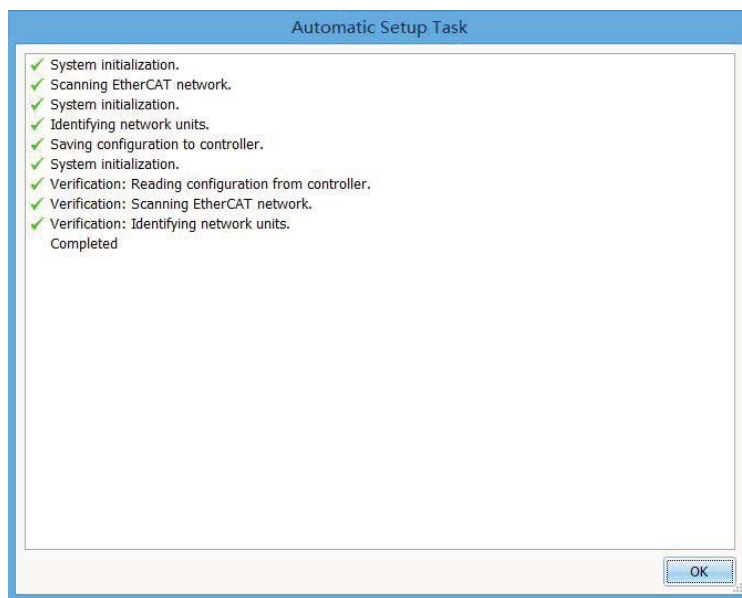


图 1.10



图 1.11

二. 整机调试前准备

本节主要讲述电机运动调试前，生产安装时可以完成的工作，完成这一步可以大大节省调试时间。

在控制器上右键添加组件 **Safety and Faults Monitor** 如下图 2.1 所示

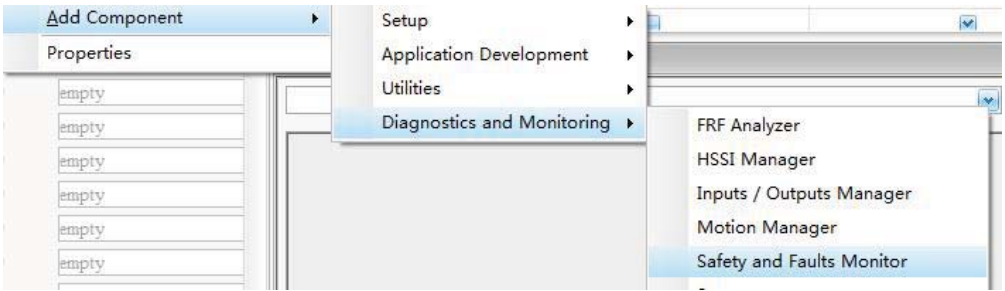


图 2.1

组件如图 3.5，从图中可以看到各轴的警报状态。绿色正常，红色报警。

	0	1	2	3	4	5	6	7	Aggregated Faults
Axis Faults (FAULT)									
Hardware Right Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hardware Left Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Network Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Motor Overheat	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Software Right Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Software Left Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 1 Not Connected	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 2 Not Connected	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Drive Fault	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 1 Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 2 Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Non-Critical Position Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Critical Position Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Velocity Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Acceleration Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Overcurrent	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Servo Processor Alarm	●	●	●	●	●	●	●	●	●
USP Not Connected	●	●	●	●	●	●	●	●	●

图 2.2

1.编码器验证

缓慢推动电机观察编码器对应错误指示灯是否变红报警（注意有可能会只闪一下，所以要推的慢，仔细观察）。此外在安装读数头时就应该先检查信号质量。

Encoder 1 Not Connected	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 2 Not Connected	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Drive Fault	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 1 Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Encoder 2 Error	●	●	●	●	●	●	●	●	●

图 2.3

◆Encoder 1 Not Connected 报警，检查编码器接头是否连接在正确的端口；检查编码器线是否有断裂；接头焊线是否有松动。

◆Encoder 1 Error 报警，检查编码器接头焊线是否松动；检查读数头安装是否正确；读数头输出信号是否优良（建议用读数头信号测试工具检测）；编码器线是否采用双绞屏蔽线缆；检查编码器线/接头附近是否存在强电磁干扰；检查屏蔽线是否正常连接，线上有无电压。

2.限位开关验证

触发限位开关，观察对应轴信号是否报警。确认信号在对应的轴、方向（正负/左右）上。

Hardware Right Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Hardware Left Limit	●	●	●	●	●	●	●	●	●

图 2.4

◆在触发了限位信号以后，如果 MMI 上没有变化，检查限位是否正确供电；限位信号是否输入正确引脚；逻辑是否正确（PNP,NPN）；限位开关是否有输出。

◆限位开关的常开/常闭设置将在 **Adjuster** 设置里介绍。

*3.编码器计数方向验证

龙门应用里需要首先验证龙门轴计数方向是否一致。非龙门应用跳过这一步。

3.1.1 创建观察窗口，在控制器右键 **Create Watch**

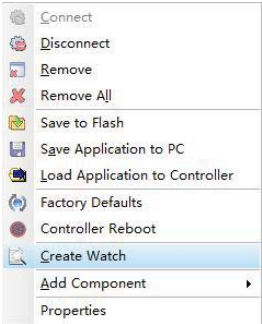


图 2.5

3.1.2 选择轴观察反馈，**From1** 选择起始轴，**To1** 选择终到轴，默认变量 **FPOS** 为反馈。**Precision** 设为 3。

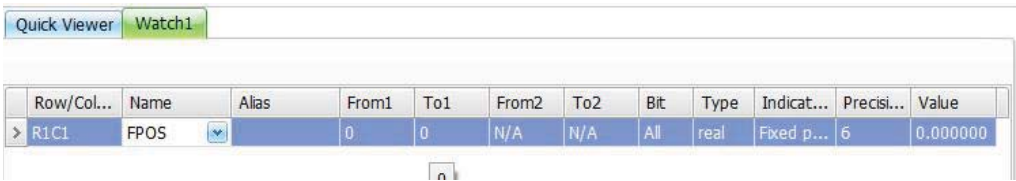


图 2.6

得到如下图所示界面

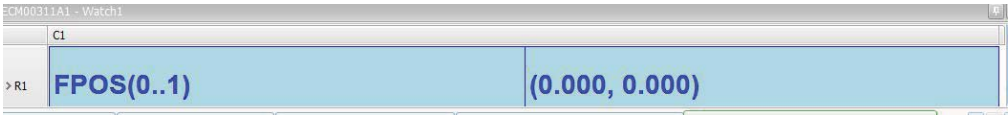


图 2.7

*左键按住改标题栏可以随意拖动 **Watch**，把它放在顺手的位置。

3.1.3 移动龙门观察读数。

◆如果两读数变化方向一致（均为正向或负向）且与设计工作方向一致，进入下一步龙门调试。如果读数大小一致方向相反，将方向错误的轴对应编码器的 A+/A-信号对调后继续龙门调试。

如下图所示，0 轴和 2 轴是龙门对，由于计数方向相反，又由于 2 轴的信号方向与实际方向不符所以调换 2 号轴的编码器 A 相信号。



图 2.8

*注意龙门模式不同于普通模式，不能在上位将编码器信号反向，必须进入驱动器的原始编码器计数方向

*4.I/O 验证

需要对 I/O 操作的应用使用 I/O 模块验证信号是否正常

a 添加组件 Inputs/Outputs Manager

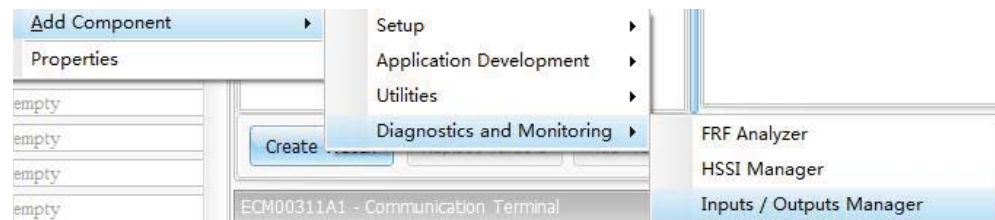


图 2.9

b I/O 组件如下，从对应 DI 输入信号如果对应 IN 指示灯变亮则正常，点击 DO 的方块指示灯可以直接输出 DO 信号。

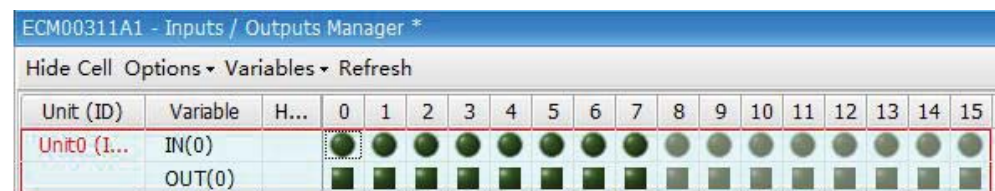


图 2.10

◆如果 DI 信号灯不亮，检查 I/O 供电是否连接（注意 I/O 与限位供电是独立的），NPN 或 PNP 是否弄反。

*5.进阶操作，编码器距离验证

a 添加组件 **Communication Terminal**

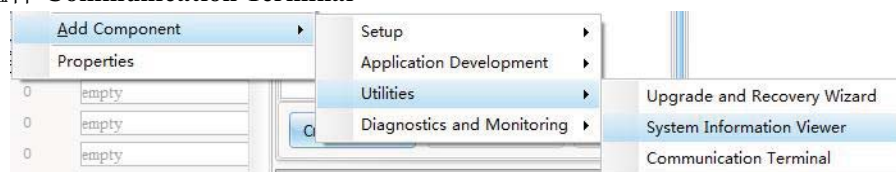


图 2.11

b 计算编码器单位 Pulse of User Unit (PUU)，即折算到负载上每个脉冲的移动距离。在 **Terminal** 里输入 EFAC0=0.0001(表示 0 号轴每个脉冲对应 0.0001 个用户单位的移动距离)

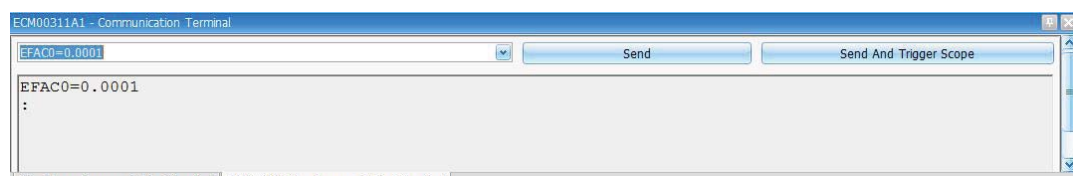


图 2.12

c 将轴移动一段距离，观察 **Watch** 读数是否正确。是否根据计算时的用户单位显示了实际的移动距离。

三. Adjust Wizard

这一步主要完成单轴的参数设置和 PID 粗调。

1. 添加组件

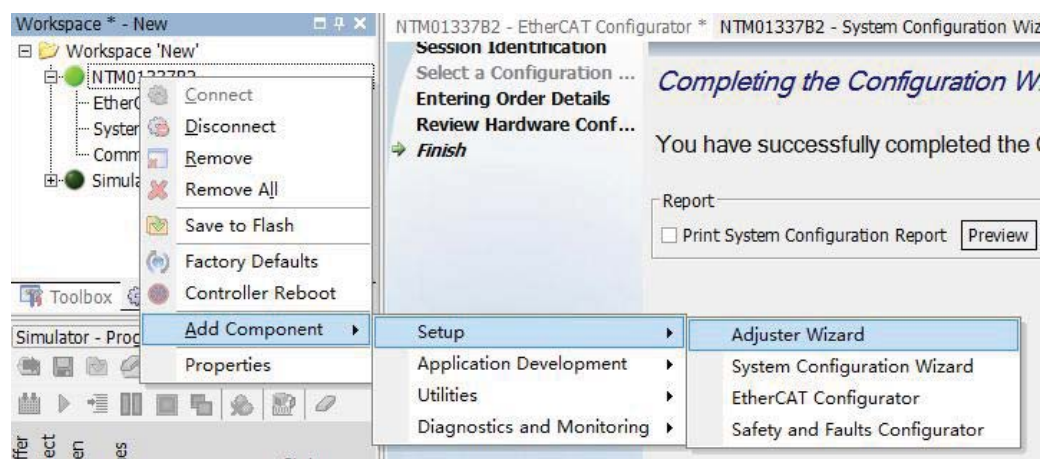


图 3.1

2. Select Task

(1) 设置新的系统。

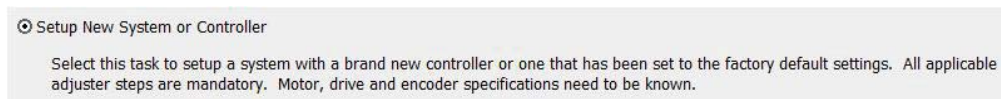


图 3.2

*如果有相同配置的轴，可以在上方选择轴号。



图 3.3

(2) (可选) 然后在下方选择 Copy Values From Axis，并且选择对应轴。如果轴参数一样的话就可以用这选项，比如龙门的两个轴。



图 3.4

3. Initiation

可以写些调试信息以便后面的人查看，完成后点击 Next。

图 3.5

4. Axis Structure

图 3.6

1. Axis Structure 通常为 Single Motor。
 - Gantry-Two Linear Motors 龙门结构（不用）
 - Complex Kinematics 典型的如机器人应用（不用）
2. Motor-LoadTopology 为运动机构类型，需要注意。
 - Rotary Motor and Rotary Load-Direct Drive 旋转电机带旋转负载-直驱方式
 - Rotary Motor and Linear Load-Indirect Drive:Lead-screw 旋转电机带直线负载-丝杆方式
 - Rotary Motor and Linear Load-Indirect Drive:Belt 旋转电机带直线负载-皮带方式
 - Linear Motor and Rotary Load 直线电机带旋转负载
 - Linear Motor and Linear Load 直线电机带直线负载-直驱
3. 当电机是丝杆时 Gear Ratio 指螺距，为旋转电机带减速机时填齿轮比。
4. 编码器安装位置在 Motor/Load 上（根据编码器信号引出位置选择）。
5. 用户定义单位作用部位。通常选择 Load。
6. 选择单位。根据上一步的不同，可选单位可能有差异。

*下文运动参数以此单位为准

5.Components

(1)Motor

Parameter	Value
Name	TL-09S
Topology	Linear
Type	3-phase DC Brushless/ AC Servo
Nominal Current [A]*	6.8
Peak Current [A]*	15
Maximum Velocity*	7000 mm/sec
Pole Pitch Units	12 Millim...
Back EMF Constant	52 V/(m/...
Phase Connection	Star / Wye Phase
Phase Resistance [Ω]	1.21
Total Moving Mass [Kg]	
Motor Force Constant	46.5 N/Arms

图 3.7

根据实际情况填写**电机**参数

- 1.填写电机名称。（方便以后使用）
- 2.Type：选择电机类型。（此处有警告是因为下文还未设置完成）
- 3.Nominal Current&Peak Current&Maximum Velocity（持续电流&峰值电流&最大转速）
- 4.磁极距（表示 PN 距离，是磁矩的一半，即 N-N 级的一半）。
- 5.Back EMF Constant 反电动势，Phase Connection 相电阻，Motor Force Constant 电机力常数。
- 6.填写完毕，Update in database 方便下次使用。完成后点击 Next。

*旋转电机有相应参数如转速为 RPM、rad/sec，磁极对数等

*如 Total Moving Inertia 等参数，不清楚可以不填或者用默认值

(2)Drive

根据实际情况正确填写**驱动器**参数。（如 Supply Input Voltage Type 输入电压类型）。点“+”号一些参数会自动从控制器里读取，再手动输入一部分，添加名字。完成后点击 Next。



图 3.8

(3)Feedback:Motor Feedback

根据实际情况正确填写编码器参数。完成后点击 Next。

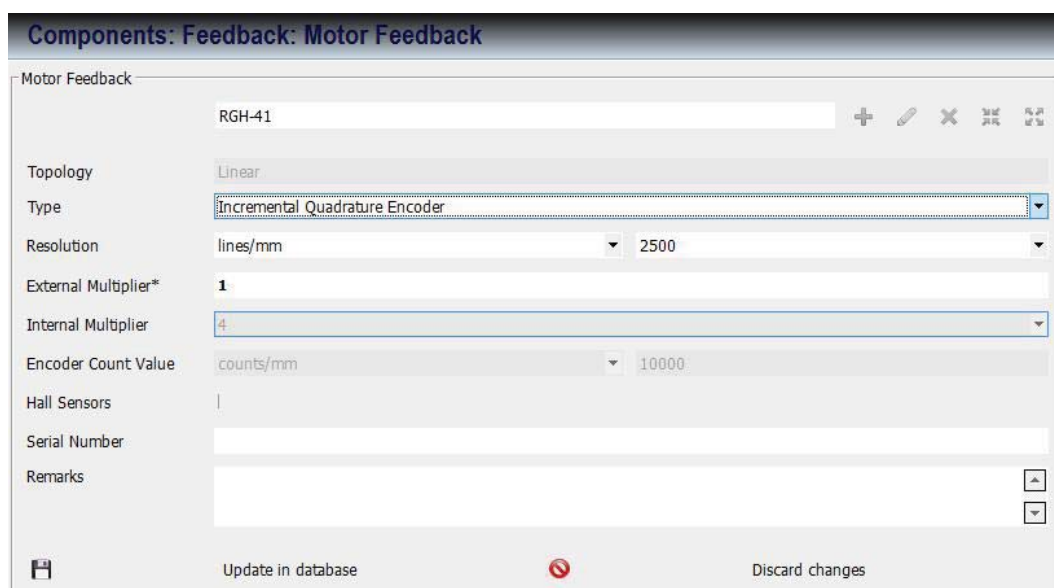


图 3.9

1. Type (通常用的是图中所示增量式正交编码器)
2. Resolution 分辨率。这里需要注意。图中 $2500 * 4 = 10000$ 即 10000 pulses/mm, 0.1 μ m 的分辨率。(若需要知道 EFAC, 在 SPiiPlus ACSPL+ Programmer's Guide 中搜索 EFAC 有详细计算过程)

(4)Calculate Parameters

点击 Calculate Parameters 后软件自动计算参数, 确认后点击 Apply Changes。完成后点

击 Next.

Components: Calculate Parameters		
Calculate Parameters		
View Controller Parameters		
Name	Existing Value	Calculated Value
ACC	100000	10
CERRA	1000	0.1
CERRI	1000	0.1
CERRV	1000	0.1
DEC	100000	10
E_FREQ	20	60
EFAC	1	0.0001
ERRA	100	0.01
ERRI	100	0.01
ERRV	100	0.01
JERK	2E+007	2000
KDEC	100000	10
LOWD	0.1	0.00001
LOWV	1	0.0001
MFLAGS.8	False	True
SLCNP	8	2
SLCPRD	8000	240000
SLDZMAX	10	0.001

图 3.10

以上参数为初始设定，调试时也可以在 Communication Terminal 使用 ACSPL+命令进行更改。

6.Safety and Protection

这一步设置安全和保护参数，调试时可以根据需要适当放大，待轴性能调好以后再设到工作要求。

(1)Motion Parameters Limits

设置最大速度，最大加速度(XVEL、XACC)注意此处单位为mm/sec。点击Next完成设置。

Safety and Protection: Motion Parameters Limits	
Motion Parameters Limits	
Maximum Velocity [mm/sec]:	7000
Maximum Acceleration [mm/sec^2]:	70000

图 3.11

(2)Current Limits

设置最大静态电流，动态电流，均方根电流(XCURI、XCURV、XRMS)。点击Next完成设置。

Safety and Protection: Current Limits

Limits on Current Commands

Maximum Current In Idle State

5

Amp

50

%

Maximum Current In Moving State

10

Amp

100

%

Overcurrent Fault Detection

RMS Current Limit

5

Amp

50

%

Advanced

图 3.12

(3)Position Errors

关键位置偏差（CERRI、CERRV,CERRA）。点击Next完成设置。

Safety and Protection: Position Errors

Critical Position Error Fault Detection

Critical Position Error While Idle [mm]

0.1

Critical Position Error While In Constant Velocity [mm]

0.1

Critical Position Error While Accelerating [mm]

0.1

Advanced Parameters

图 3.13

*调试时出现 Critical Position Error 检查此处参数设置正常时，通常由于编码器问题，检查接线是否正确，是否接屏蔽线等。PID 调试时出现，与当前 PID 参数有关，可以先用较低速度开始，或者先设定一组数据后再启动。频繁报错时可以适当放大这几个参数继续调试，后续再改回去。

(4)Position Limits

设置软限位(SRLIMIT、SLLIMT)。点击Next完成设置。

Safety and Protection: Position Limits

Position Limits

☒ Allow Soft Upper Position Limit Fault Detection

Soft Upper Position Limit [mm]

2E+010

☒ Allow Soft Lower Position Limit Fault Detection

Soft Lower Position Limit [mm]

-2E+010

图 3.14

7.Miscellaneous Definitions

(1)Motion Completion

运动完成状态判定。Target Radius (TARGRAD)，Settling Time (SETTLE)。设置允许误差和保持在允许误差范围内的时间。点击Next完成设置。

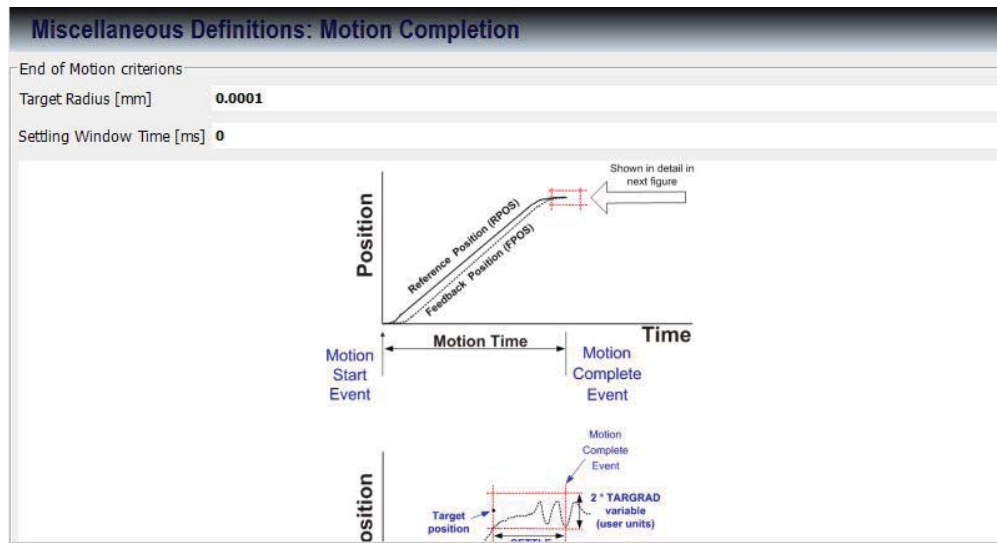


图 3.15

(2)Enable/Disable/Brake

设置使能命令延迟，机械刹车。点击 Next 完成设置。

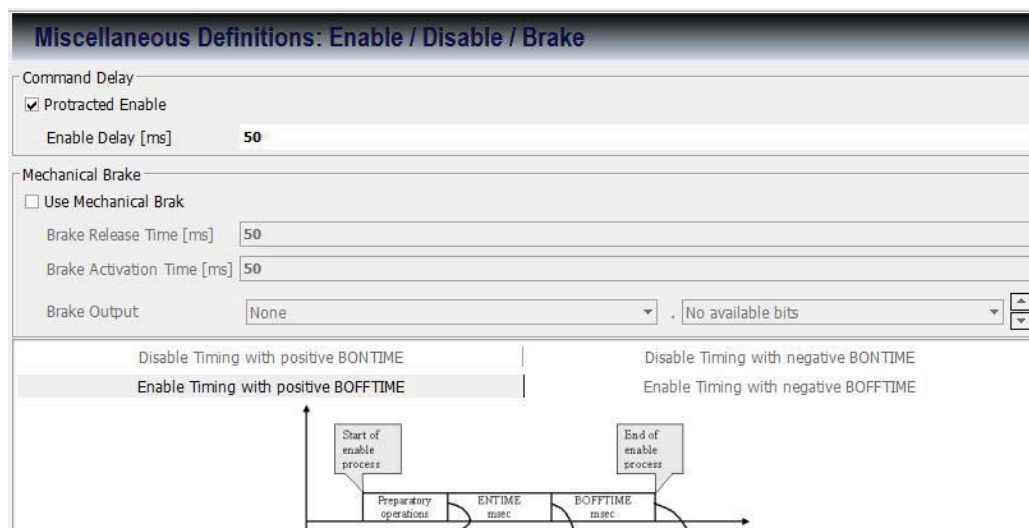


图 3.16

(3)Dynamic Brake

配置动态刹车。点击 Next 完成设置。



图 3.17

(4)Home Switch

配置回零信号输入。点击 Next 完成设置。



图 3.18

8.Verification

(1)Feedback: Motor Feedback

观察反馈数值。在条件允许的情况下先置 0（Set To 0）手动移动轴一定单位，查看反馈单位、脉冲数是否一致。点击 Next 完成设置。

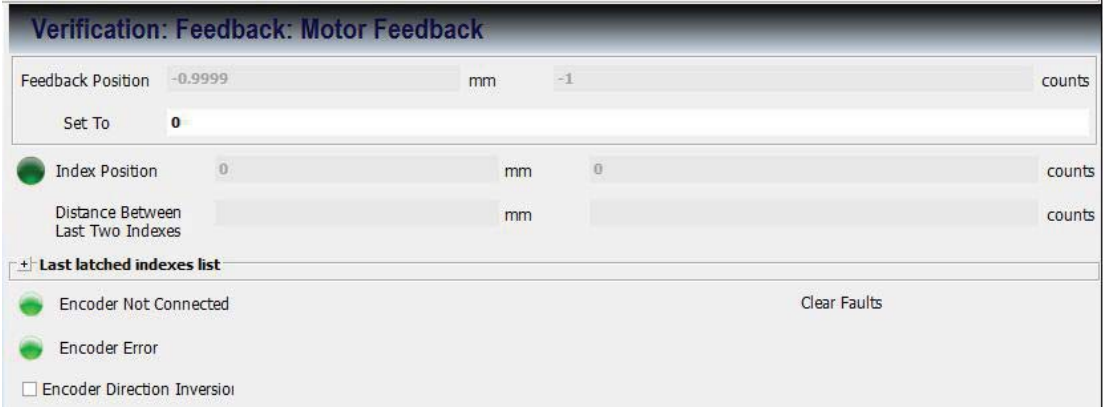


图 3.19

(2)Switches

限位开关设置，用 Inverse Logic 对常开/常闭做切换。点击 Next 完成设置。

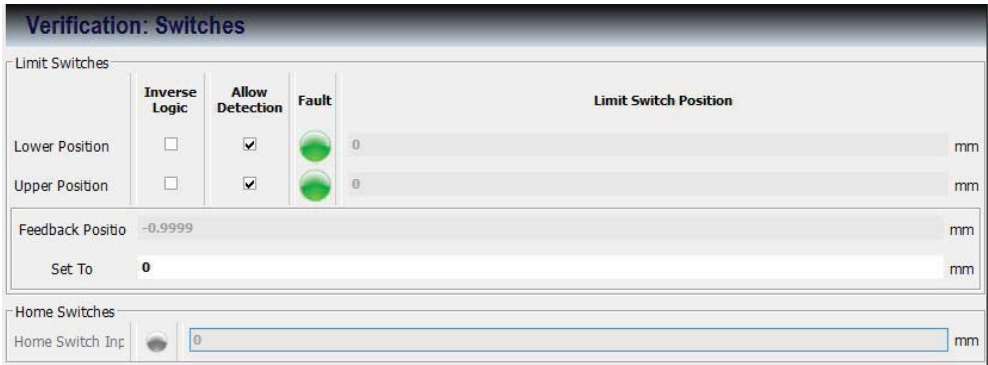


图 3.20

(3) Stop, Alarm and Brake

通常使用默认设置，点击 Next 完成设置。



The image shows a software window titled "Verification: Stop, Alarm and Brake". It contains two sections: "Hardware Emergency Stop" and "Mechanical Brake". The "Hardware Emergency Stop" section has three columns: "Inverse Logic", "Allow Detection", and "Fault". Under "Inverse Logic", there are checkboxes for "Hardware Emergency Stop" and "Drive Fault", both of which are currently unchecked. Under "Allow Detection", there are checkboxes for "Hardware Emergency Stop" and "Drive Fault", both of which are checked. Under "Fault", there are green indicator lights for "Hardware Emergency Stop" and "Drive Fault", both of which are currently lit. The "Mechanical Brake" section has a single row for "Mechanical Brake Output".

	Inverse Logic	Allow Detection	Fault
Hardware Emergency Stop	☐	☒	
Drive Fault	☐	☒	

Mechanical Brake

Mechanical Brake Output

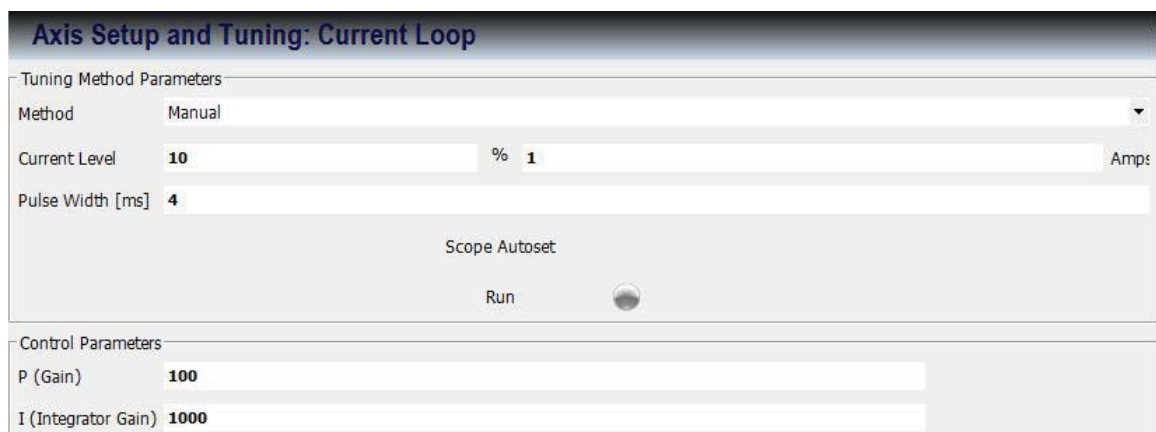
图 3.21

*若驱动器始终报错 (Drive Fault) 检查 Allow Detection 是否勾上。或者在 Inverse Logic 打勾。

9.Axis Setup and Tunning

(1)Current Loop

1. 电流环调试。设置合适的电流等级 (**Current Level**)。一般用默认的就行。



The image shows a software window titled "Axis Setup and Tuning: Current Loop". It contains two main sections: "Tuning Method Parameters" and "Control Parameters". The "Tuning Method Parameters" section has a "Method" dropdown menu set to "Manual". Below it, "Current Level" is set to "10" with a unit of "Amps" and a multiplier of "1". "Pulse Width [ms]" is set to "4". There is a "Scope Autoset" button and a "Run" button with a circular progress indicator. The "Control Parameters" section has "P (Gain)" set to "100" and "I (Integrator Gain)" set to "1000".

Axis Setup and Tuning: Current Loop

Tuning Method Parameters

Method: Manual

Current Level: 10 % 1 Amps

Pulse Width [ms]: 4

Scope Autoset

Run

Control Parameters

P (Gain): 100

I (Integrator Gain): 1000

图 3.22

2. 依次点击 Scope Autoset，Run。通过调节 PI 参数使电流环曲线接近设定曲线。点击 Next 完成调试。

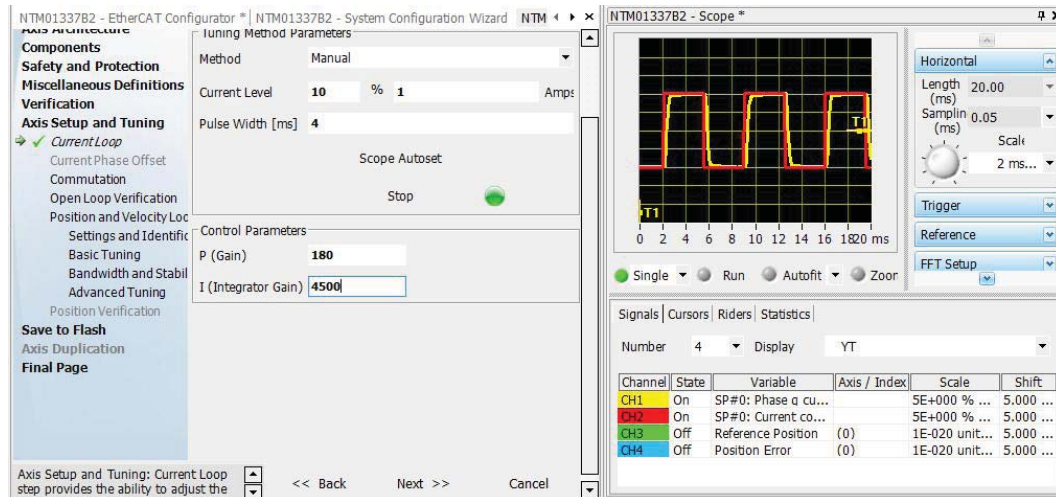


图 3.23

*调试时会有稳定的电流声，并且随着参数的加大而增强。

*注意尽量逼近设定值不要有超调。

(2) Commutation

1. 自动换向。设定合适的电流（**Excitation Current**），点击 **Start Commutation Program** 启动自动换向。带霍尔的电机在 **Retrieve Commutation** 里选择 Hall Signal Transition 如果不成功可以适当改变激励电流和整定时间。

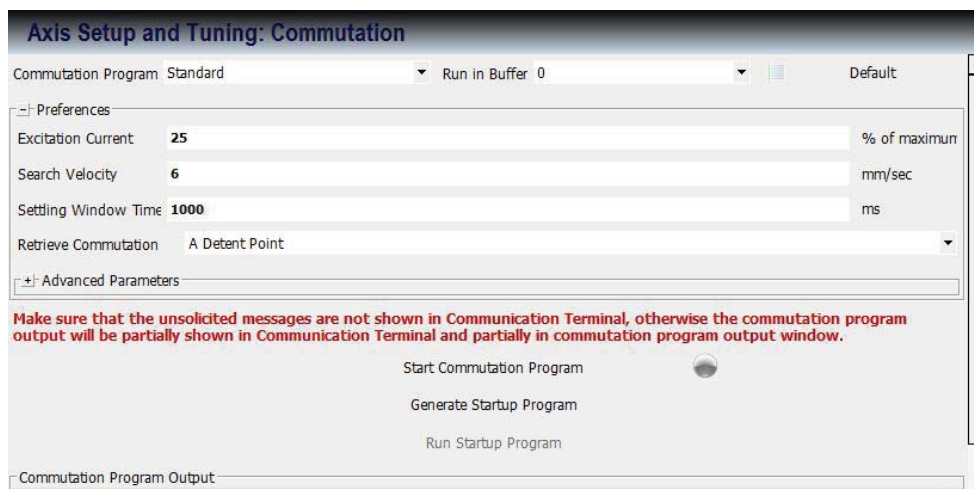


图 3.24

2. 换向成功后，点击 Next 进入下一步。

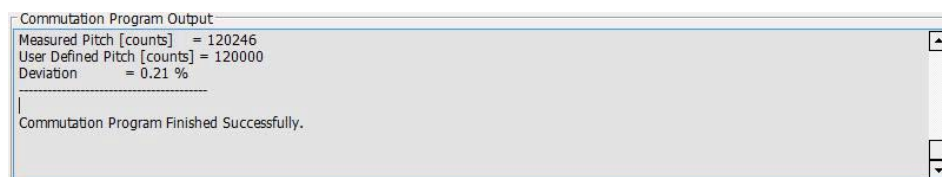


图 3.25

*注意换向结果，偏差过大可能产生 Critical Position Error。

*换向失败。尝试重启控制器，MMI。检查编码器设置、接线是否正确。

(3)Open Loop Verification

开环验证。设置合适的驱动器输出（Drive Output Range）。缓慢拖动 Drive Output 光标，观察速度方向与拖动方向是否一致。正反方向均符合即可进入下一步。

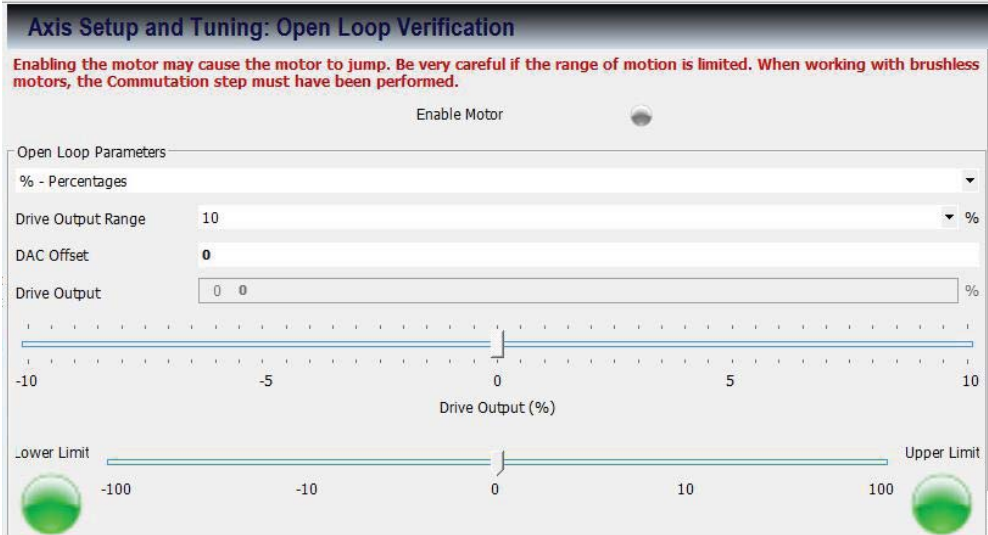


图 3.26

- *拖动尽量慢，有耐心。因为电机克服摩擦力后会有很快的加速，且该过程不可控。
 - *在 PID 调试时若发现一使能就报错，且发现有反馈值抖动，在左下角 Invert Drive Command 前打勾。
- ☐ Invert Drive Command

(4)Position and Velocity Loops

I. Settings and Identification

自动调试（Basic Tuning 调节方式）时需要使用这一步，手动模式下可以跳过。

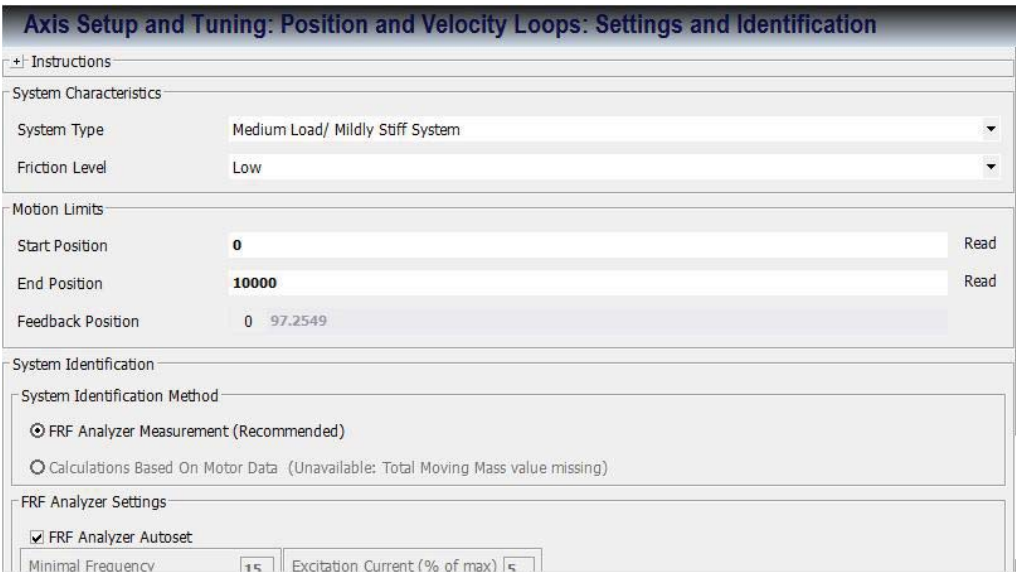


图 3.27

2. 点击 Start Identification 开始验证。

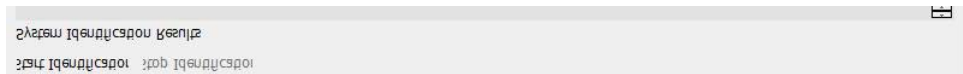


图 3.28

3. 电机被使能并且动作，确保电机处在安全位置。

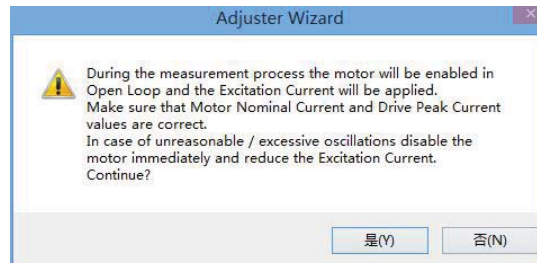


图 3.29

4. 系统自动验证完毕，即可进入下一步。

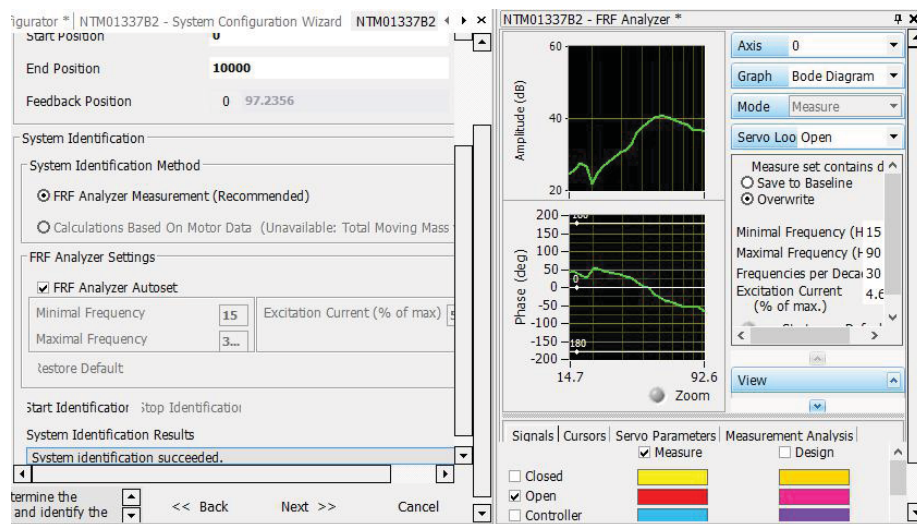


图 3.30

II. Basic Tuning

1. PID 调试。

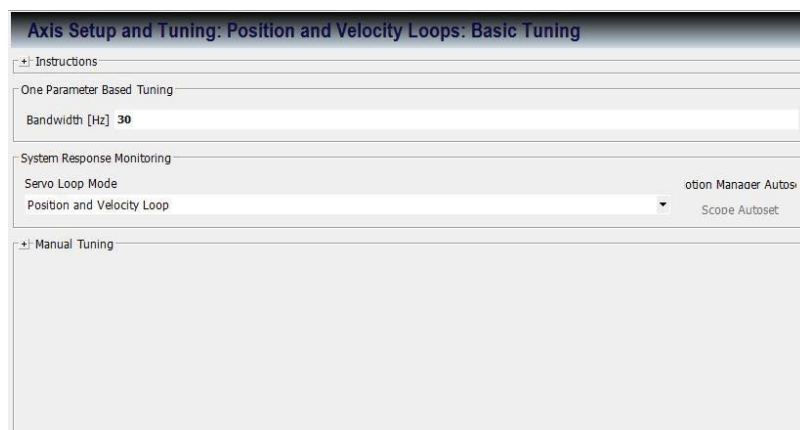


图 3.31

2. 点击 Motion Manager Autoset, 打开 Scope Autoset。

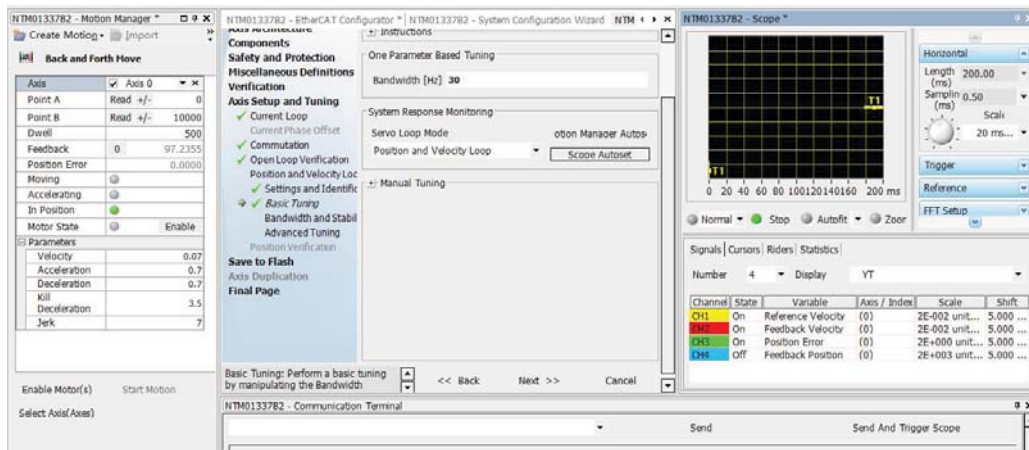


图 3.32

a. 自动调节

*适用于直驱系统

调节 Bandwidth 使系统性能满足要求。

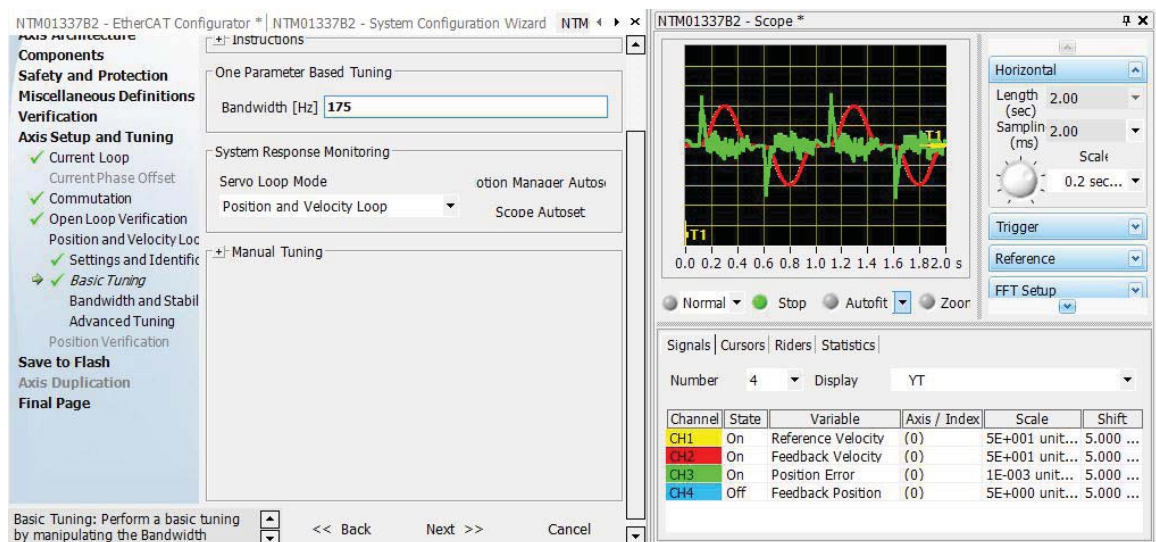


图 3.33

1. 在软件左侧设置运动参数。在 Back and Forth Move 模式下时，可以 Read（读取）当前位置，再设定另一位置，设定 Velocity(速度), Acceleration（加速度）, Deceleration（减速度）, Kill Deceleration（停止减速度）, Jerk（加加速度，是加速度微分，通常设为加速度的十倍）。设置完成后，检查电机情况确认安全后，Enable Motor（使能电机），然后 Start Motion（开始运动）。观察 Feedback 显示反馈位置。带宽越大，刚性越大性能越好，但是稳定性变差，容易共振。
2. 在 Scope 中等待图像收集，若图像画面显示比例不协调，点击 Autofit，并且可在右侧调节 Scale 延长采集时间获得完整运动曲线。
3. Scope 下部的 Signal 中选择 Number 值来选择观察通道数量（CHx）。若要改变显示参数，点击 Variable 选取相应参数。（注意各参数的 Scale，防止误读数。此处由于单位为 mm 所以当设为 1E-003 时每格代表 $1 \mu\text{m}$ ）
4. 在 Cursors, Riders 下查看想要的点以及不同坐标间的差值。

b. 手动调节

*适用于非直驱系统

点开 Manual Tuning，调节框内参数，使 Scope 中图形符合要求。

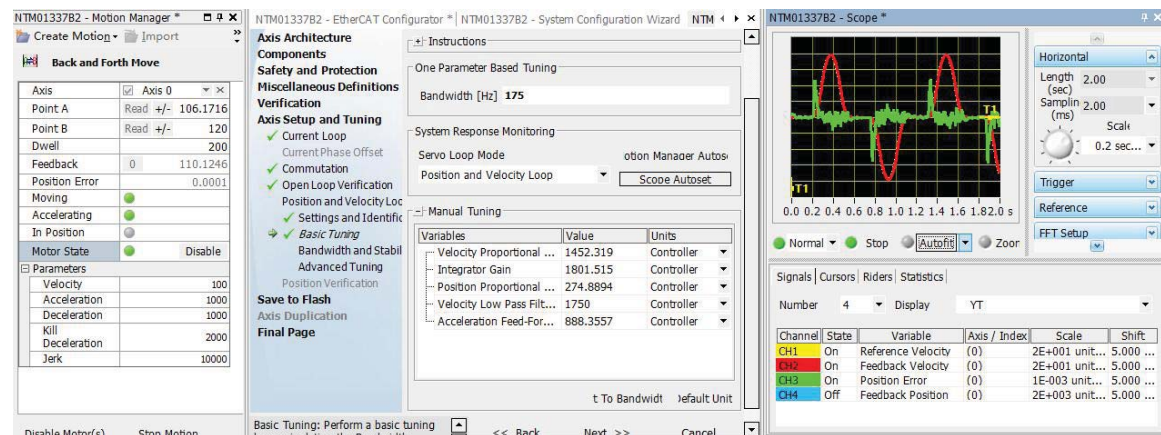


图 3.34

1. Velocity Proportional Gain (SLVKP) 开始时每次增加几十，逐渐变为加十，逐渐减小增加值。至变化不明显或出现震荡，减小给定值。全段起作用。
2. Integrator Gain (SLVKI) 开始时增加如一百，两百。其后逐渐减小增加值。至变化不明显或出现震荡，减小给定值。匀速段及静止时作用比较明显。
3. Position Proportional Gain (SLPKP) 一次加十。其后逐渐减小增加值。至变化不明显或出现震荡，减小给定值。匀速段及静止时作用比较明显。
4. Velocity Low Pass Filter (SLVSOF) 通常在 700 至 1300 左右，一般 PID 越大设的越大。
5. Acceleration Feed-Forward (SLAFF) 每次加几百，其后逐渐减小增加值。至变化不明显或出现震荡，减小给定值。

*PID 并不是越大越好，PID 越大系统稳定性越差。在改变负载后重调 PID。

*参考手册耐心调节，ACS 控制器不会让你失望！

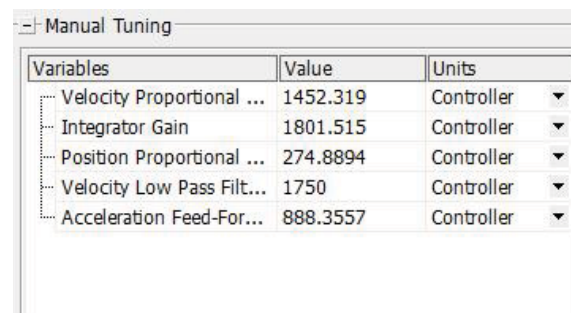
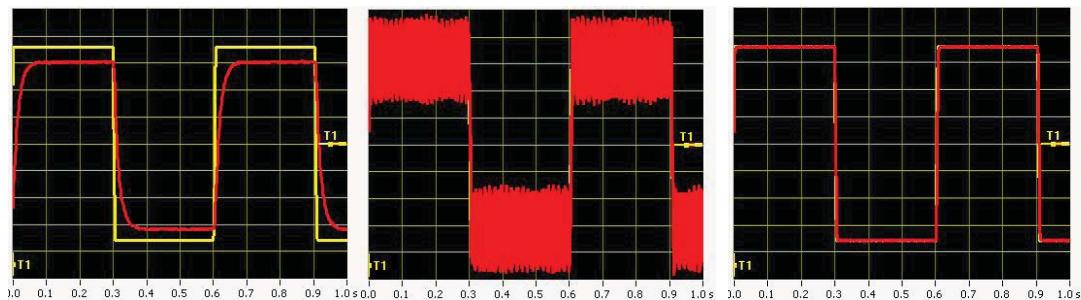


图 3.35

*上图为自动整定的数据。由于自动整定的计算模型是特定的，不可一味使用自动整定功能。

下面截取部分曲线简要说明：

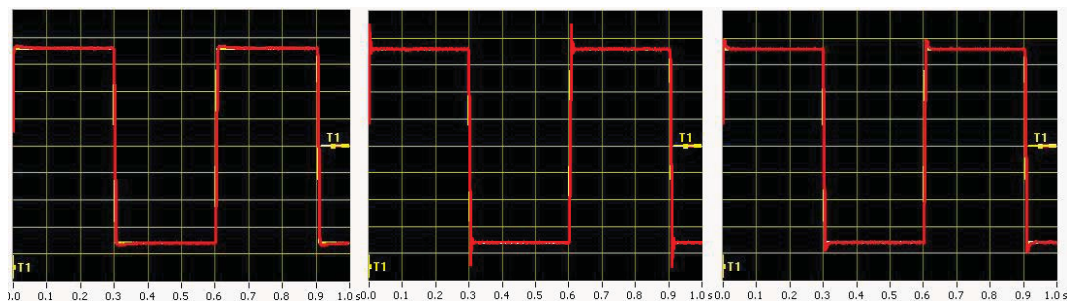
A.SLVKP 和 SLVKI 调整 (黄色:指令速度,红色:实际速度)



1.SLVKP=10,SLVKI=0
SLVKP 明显过小

2.SLVKP=500,SLVKI=0
SLVKP 太大(已经开始振动)

3.SLVKP=250,SLVKI=0 较理想
可以放大曲线作进一步调整



4.SLVKP=250,SLVKI=100
SLVKI 不够,红色没有超调

5.SLVKP=250,SLVKI=2000
SLVKI 太大,超调太大

6.SLVKP=250,SLVKI=800
此时超调较小,且速度能跟上

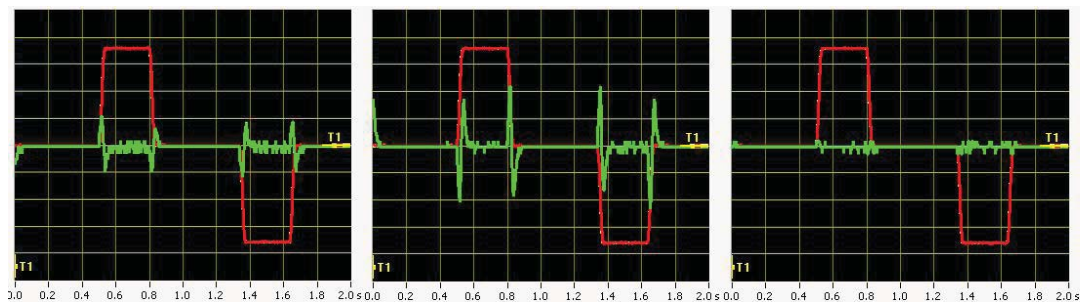
B.SLPKP 和 SLAFF 调整(黄色:指令速度,红色:实际速度,绿色:跟随误差)



1.SLPKP=5,SLAFF=0;SLPKP
太小

2.SLPKP=400,SLAFF;SLPKP
太大,有轻微振动

3.SLPKP=100,SLAFF=0;
SLPKP 比较好了



4.SLPKP=5,SLAFF=100SLAFF
太小,启动时误差没压住

5.SLPKP=5,SLAFF=10000
SLAFF 太大,压的太狠了

6.SLPKP=100,SLAFF=3000
曲线比较理想

总结：以上只是为了说明各参数大致影响趋势。实际取值可能有变化，如 SLVKP 在 10 以后,最好不要立刻调到 100 以上；SLVKI 可以先取 100 而不用设 0。

III. Bandwidth and Stability Verification

系统稳定性验证。

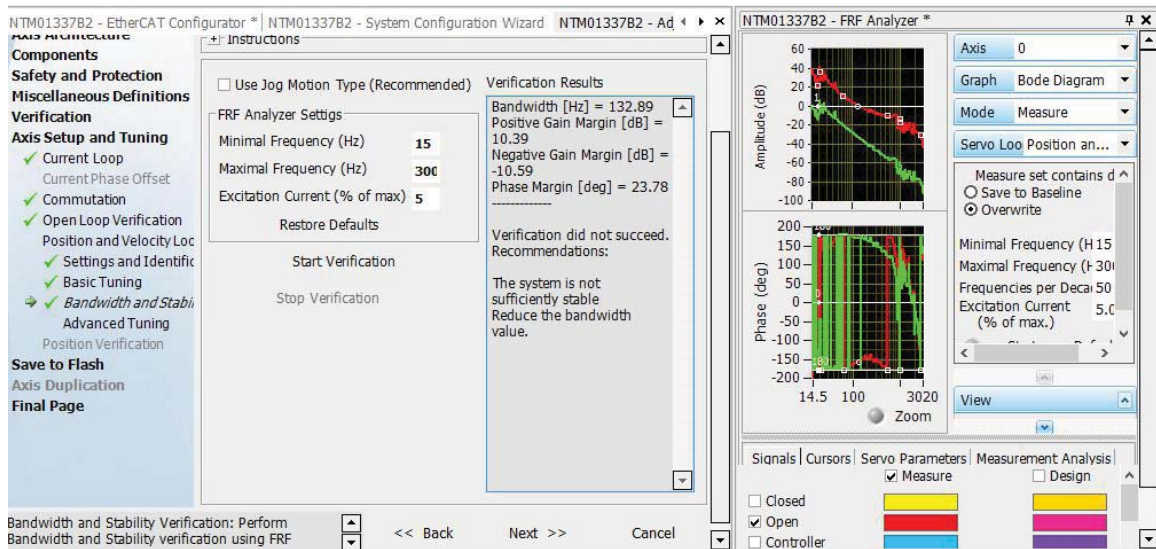


图 3.36

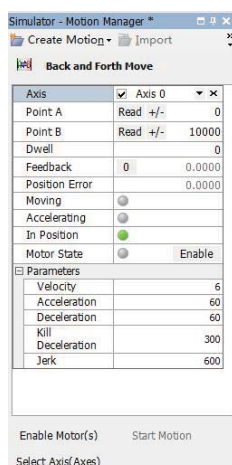


图 3.37

1. 在 Motion Manager 中设置 A,B 两点，使 A 和 B 之间的距离接近该轴的全行程，设置较低的运动速度(一般用默认速度就行)然后开始运动。
2. 点击 Start Verification 启动验证。
3. 在 Verification Result 中显示验证结果。
 - a. 若验证不成功，则要设计 FRF 参数。
 - 1.在 FRF Analyzer 右侧 Mode 下选择 Design（设计），并且点击 Start。（为了方便设计可以将 FRF 全屏。方法左键拖动 FRF 标题栏，拖出后点击旁边的最大化按钮。可以任意调节 FRF 模块大小）

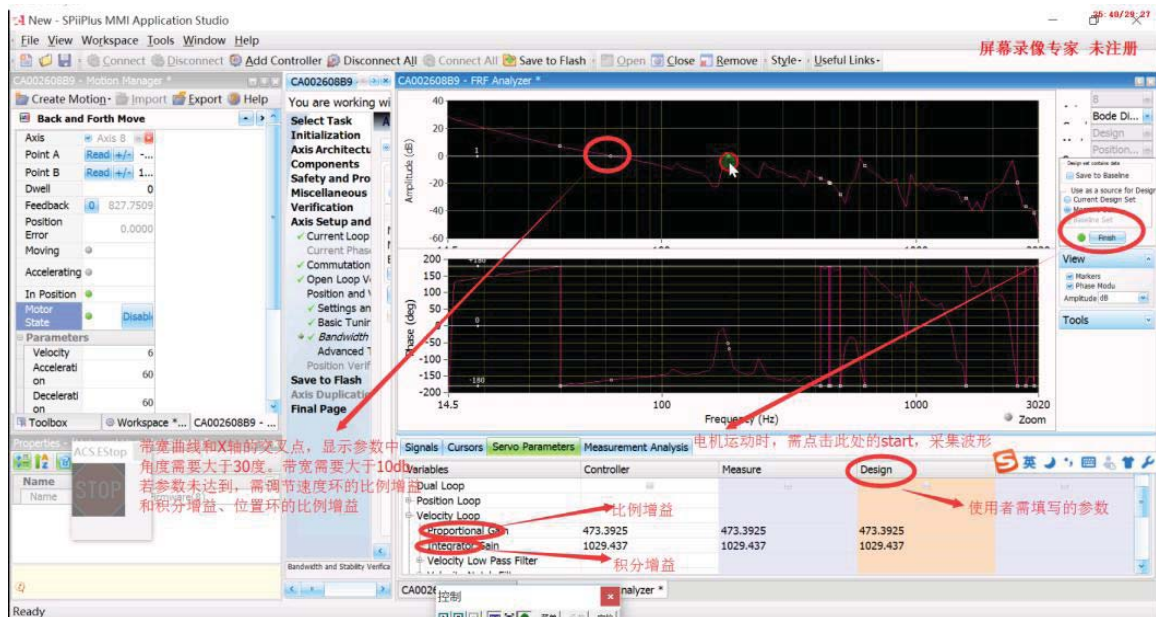


图 3.38

2. 在下方点击 Measurement Analysis, 点开 Position Loop 和 Velocity Loop 在 Design 栏中对以上参数修改。此外若要针对特定频率设计可以点开 Velocity Loop 下的 Velocity Notch Filter 中选择频率和范围进行设计。每次修改都能在波特图中看到相应变化, 将鼠标移到相应点上可看到对应的值。对照测量的参数进行设计。

Variables	Controller	Measure	Design	Baseline
Firmware	NT 2.25	NT 2.25	NT 2.25	
Servo Loop		PositionVelocity	PositionVelocity	
Dual Loop				
Position Loop				
Proportional Gain	274.8894	274.8894	274.8894	
Velocity Loop				
Proportional Gain	1452.319	1452.319	1452.319	
Integrator Gain	1801.515	1801.515	1801.515	
Velocity Low Pass Filter				

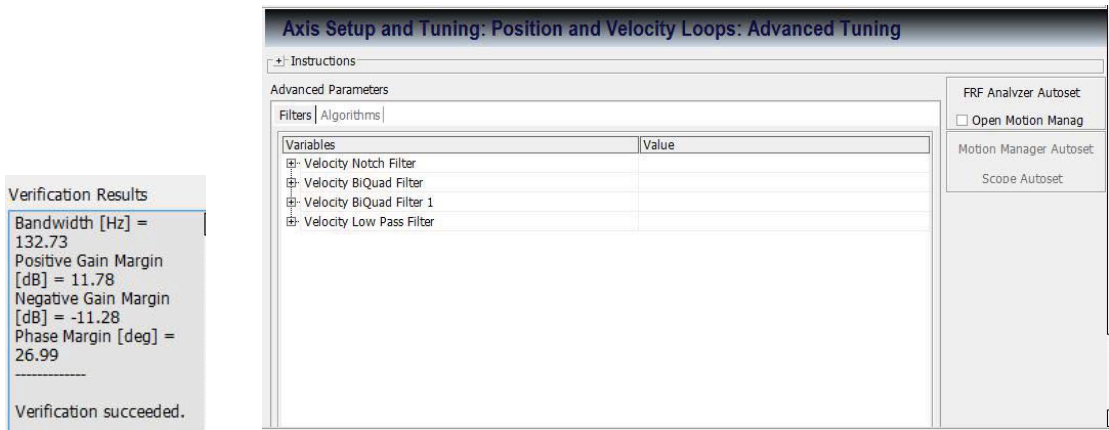
图 3.39

- 设计完成点击 Finish。启动电机并且开始验证。
- 若不成功重复 I~III。直到通过验证。

*PID 调的太大会影响系统稳定性, 可以回去调整 PID 参数。

*更改系统后 (如改变负载) 参数改变, 要重新调试。

b. 如图 3.40 验证成功后进入下一步。(一般要求尽可能 Positive Gain Margin $\approx$ 10dB, Phase Margin $\approx$ 30°)



如图 3.40

图 3.41

IV. Advanced Tunning
(此步通常跳过)

10.Save to Flash

将参数保存并写入驱动器。点击 Save 保存。

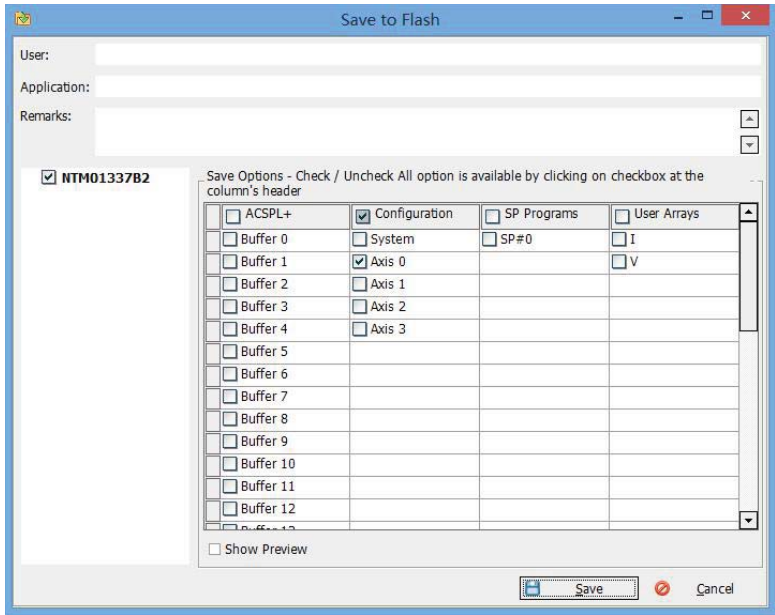


图 3.42

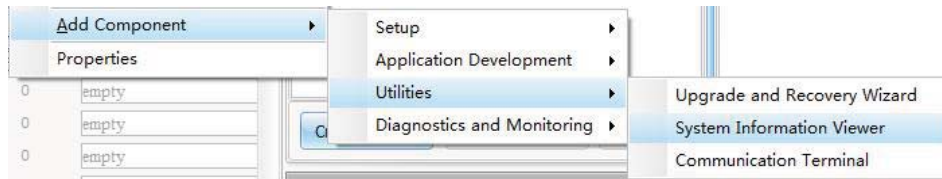
输出 PDF 文档，详见附录，完成调试。

附录一

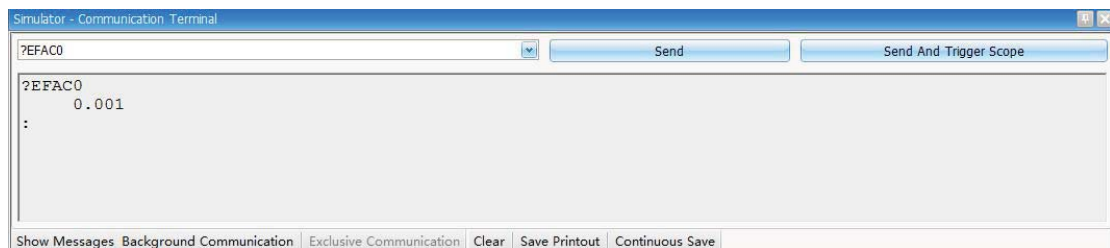
1. Communication Terminal

对话框可以进行非常丰富以及快捷的操作

a. 添加组件 **Communication Terminal**



b. 在对话框里输入指令，按回车或点击 Send。



c. 常用指令

- ◆?（英文输入法）表示查询。如上图中的“? EFAC0”，其中? 表示查询，EFAC 是 ACSPL+ 变量, 0 是轴号。返回值 0.001 就是变量的值。同样的如果查询 0 号轴速度, 可以用“? VEL0”。
- ◆直接命令。如“ENABLE 0”表示使能 0 号轴。（命令用大写字母，轴号前有空格）
- ◆赋值。如 VEL0=100, 将默认速度设为 100; SET FPOS0=0, 将 0 号轴当前反馈位置设为 0
- ◆特殊指令。如#SI 用来查看系统信息，序列号，固件版本等等。

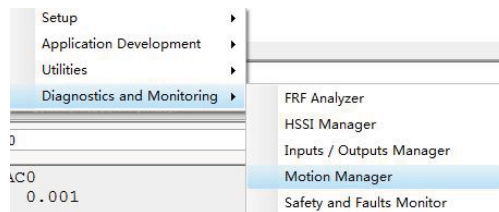
d 举例

- PTP 2, 100 表示 2 号轴运动到 100 的位置，使用默认速度曲线(注意空格)
- PTP/r 2, 100 表示 2 号轴相对当前位置移动 200 距离，使用默认速度曲线(注意空格)
- DISABLE 0 表示去使能 0 号轴(注意空格)
- COMMUT 0 表示 0 号轴自动换相(注意空格)
- ?FPOS0 查询 0 号轴反馈位置
- ?IN0. 0 查询 DI 输入
- ??2002 MMI 提示报错时，在错误码前加两个?查询详细的错误信息
- OUT0. 0=1 输出 D0 信号
- #SI 查询系统信息

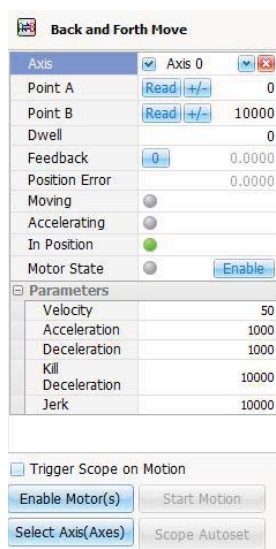
2.Motion Manager

可以用运动模块快速实现运动

a.添加组件



b.面板如下图所示



以 Back and Forth Move 为例

- ◆Point A: 指定 A 点, 可以点 Read 选择当前位置, 也可以直接输入位置
- ◆Point B: 指定 B 点, 可以点 Read 选择当前位置, 也可以直接输入位置
- ◆Dwell: 指定在端点处的停留时间
- ◆Feedback: 指示当前反馈位置, 点击 0 将当前位置清零
- ◆Moving, Accelerating, In Position 表示轴状态
- ◆Motor State 指示使能/去使能状态, 点击 Enable 可以使能轴
- ◆Velocity: 运动曲线最终速度
- ◆Acceleration: 运动曲线加速度
- ◆Deceleration: 运动曲线减速度
- ◆Kill Deceleration: 紧急停止减速度
- ◆Jerk: S 运动曲线中的冲击控制因子, 指定加速度的变化率。(这个值越大加速度变化率越高, 电机冲击力越大, 输出电流越大)
- ◆Tringger Scope on Motion: 运动时触发 scope
- ◆Enable Motor(s): 使能电机, 如果选定多个电机那么多个电机同时使能
- ◆Start Motion: 根据上述速度曲线规划, 启动运动
- ◆Selet Axis (Axes): 选择要操作的轴, 可以选多个轴
- ◆Scope Autoset: 使 Scope 自动调整显示比例, 方便观察曲线

3.回零示例

ACS 没有固定的回零模式，回零过程需要用户根据自己的机器设计步骤，选择不同的运动组合实现回零。下面以系统附带的程序为例说明

! (M-NT) Homing Program.prg

! 程序按如下顺序执行:

! - 运动到左限位开关

! - 返回并等待限位信号消失 (出限位)

! - 移动到编码器 index 点

! - 将轴位置设为相对于 index 的一个位置

! - 运动到原点 (相对 index 设置的原点)

! - *****这段程序必须去掉中文注释以后才能用*****

```

INT iAxis          ! 定义全局变量作为轴号 "iAxis"
iAxis = 0          ! 定义轴号 (0=X Axis, 1=Y Axis...)
VEL(iAxis)= 2000   ! 设定最大速度
ACC(iAxis)= 100000 ! 设定加速度
DEC(iAxis)= 100000 ! 设定减速度
JERK(iAxis)= 20000000 ! 设置 JERK
KDEC(iAxis)= 200000 ! 设置急停减速度
FDEF(iAxis).#LL=0  ! 关闭左限位响应, 此时电机碰到限位不会停
FDEF(iAxis).#RL=0  ! 关闭右限位响应, 此时电机碰到限位不会停
ENABLE (iAxis)     ! 使能电机, 运动前必须先使能电机, 无刷电机要换相

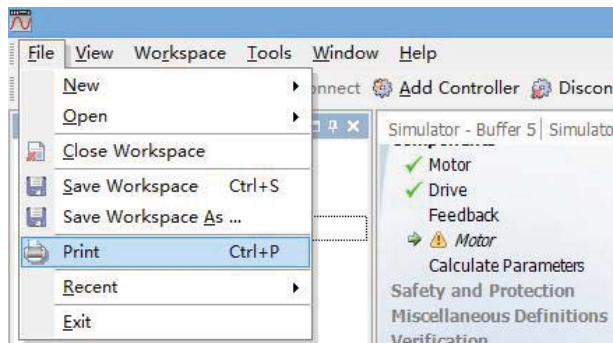
JOG (iAxis), -     ! 往左限位移动
TILL FAULT(iAxis).#LL ! 等待触发限位信号
! 假如控件狭小无法安装限位也可以写成诸如 "TILL ABS(PE(iAxis))>???"我不推荐 .
JOG (iAxis), +     ! 往正向走, 建议中间加 HALT 停顿
TILL ^FAULT(iAxis).#LL ! 等待限位信号消失
IST(iAxis).#IND=0   ! Index 标志清零, 激活 index 捕捉电路, index 捕捉频率
1/5000000HZ
TILL IST(iAxis).#IND ! 等待捕捉 index 信号
SET FPOS(iAxis)=FPOS(iAxis)-IND(iAxis) ! 捕捉到 index 以后依据 index 捕获位置
设置轴的原点可以在后面添加一项 "+OFFSET" 通过改变 OFFSET 值来改变原点位置
PTP (iAxis), 0     ! 移动到原点
FDEF(iAxis).#LL=1   ! 恢复左限位默认响应, 电机遇限位就停
FDEF(iAxis).#RL=1   ! 恢复右限位默认响应, 电机遇限位就停
STOP

```

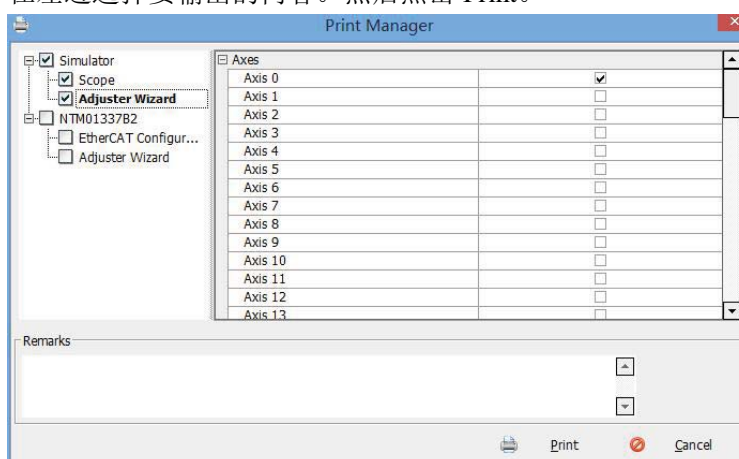
附录二

输出 PDF 文档

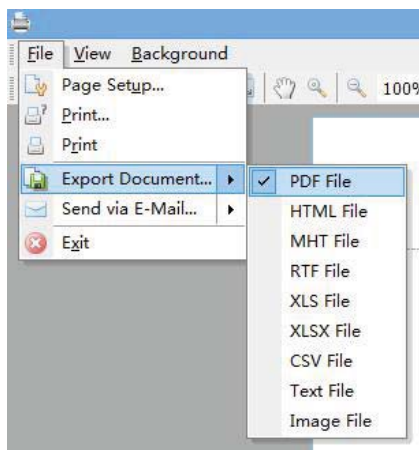
1. 点击 File，选择 Print。



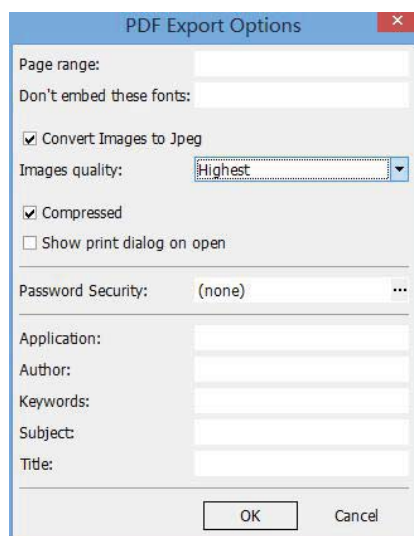
2. 在左边选择要输出的内容。然后点击 Print。



3. 选择要输出的文档类型。



4. 输出选项如页码、项目名称、作者、关键词等等。



5. 选择保存路径并保存。

*本指南以直线电机为例，只适用于初次安装后的 MMI 调试，详细步骤及参数设置参见 **SPiiPlus Setup Guide**

*文中出现的英文缩写是 ACSPL+变量，可以在手册中找到，大部分可以在 **Communication Terminal** 修改

*Soft Version NT 2.29