



BCD 单轴系列伺服驱动 产品手册

文档版本号: V1.1.0



前言

感谢您使用 BCD 单轴系列直驱驱动器（以下简称：BCD 单轴系列）！

BCD 单轴系列是应用于精密加工行业的直线电机驱动器，适用于 3C 机床、机器人、新能源、智能物流、纺织、印刷、包装等多个行业。产品具有以下特色：

1. 使用 5 核高性能 MCU，强大算力支持实时同步。
2. 支持 EtherCAT 通讯控制方式。
3. 支持增量式 ABZ 编码器、绝对式协议类编码器和模拟量编码器。
4. 具有体积小、功率密度高、集成度高等优点。
5. 支持单轴级联同步控制。
6. 先进的运动控制架构&驱动算法。
7. 三环频率可调，根据不同型号，最大支持三环 32 kHz/16 kHz 同步（仅电流环支持 32 kHz/16 kHz）。
8. 三环支持 AFF、VFF、IFF 前馈算法。
9. 高精度测速算法，提供超过编码器分辨率的位置分辨率并能低速平稳运行。

UltraServo 软件是本驱动器配套的调试软件，便捷又智能，可实现系统参数设置、伺服调试、监控与自整定等特色功能：

1. 最多支持 16 通道，根据不同型号，最大支持 16 kHz/8 kHz 参数示波器实时监控。
2. 支持 3 种信号类型，5 种被扫频对象，2 种 FFT 计算方式，共计 30 种扫频组合。
3. 支持惯量、摩擦力自动测定，适应多种负载变换场合。
4. 电机参数自动识别。
5. 机床整体共振点瀑布图。
6. 支持自动整定算法，三环参数一键整定完毕，无需工程师介入，降低调试难度，提升装机效率。

本手册提供 BCD 单轴系列驱动器相关信息，在进行 BCD 单轴系列产品安装、调试及维护时，请参考本手册。错误的使用方法及处理办法，将影响产品性能的发挥和使用寿命，还可能导致意外事故的发生。

我司尽力确保手册内容适用，但保留最终解释权。本手册内容变动恕不另作通知。

如您在使用过程中有任何疑问或建议，请按本手册中提供的联系方式与我们联系。

约定符号说明

说明：表示对本产品使用的补充或解释。

注意：表示如果不按规定操作，则可能导致轻微身体伤害或设备损坏。

警告：表示如果不按规定操作，则可能导致死亡或严重身体伤害。

危险：表示如果不按规定操作，则导致死亡或严重身体伤害。

声明

直驱驱动器的运行与各项参数的设置有直接的关系，请根据您的机床需求与切割要求严肃谨慎地设置各项参数！不恰当的参数设置和操作可能导致切割效果下降、切割头或其他机床部件损坏甚至人身伤害，直驱驱动器的各项设置已尽力提供了各种保护措施，精密切割设备制造商及最终用户应当尽量遵守操作规程，避免伤害事故的发生。

柏楚电子对以下情形导致的直接或间接损失不承担责任：因用户不当使用本手册或本产品而造成的损失；因用户未遵循安全操作规程而造成的损失；因自然灾害等不可抗力因素造成的损失。

此外，使用中的设备存在潜在风险，用户须确保设备具备完善的故障处理和安全防护机制。柏楚电子不对因此产生的任何附带或相关损失负责。

文档修订记录

文档版本号	修订日期	修订描述
V1.0.0	2024/06/24	BCD 单轴系列伺服驱动用户手册的第一版。
V1.1.0	2026/02/06	<ol style="list-style-type: none">1. 删除 BCD103 相关内容。2. 全文修订。3. 使用柏楚 2025 文档模板。

目录

第 1 章 功能简介	1
1.1 型号说明	1
1.2 标准规格	2
1.3 产品配件	4
1.4 产品标签	5
第 2 章 安全注意事项	6
2.1 安全标志	6
2.2 安全指南	7
2.2.1 安装安全	7
2.2.2 操作安全	8
2.2.3 维护安全	8
第 3 章 机械安装	9
3.1 尺寸	9
3.2 安装	10
3.2.1 产品装配要求	10
3.2.2 安装单台驱动器	11
3.2.3 安装多台单轴驱动器	11
第 4 章 规格	12
4.1 机电规范	12
4.2 通信规范	16
4.3 控制规范	16
4.4 输入/输出规范	17

4.5 STO/功能安全规范	18
4.6 保护功能和环境规范	19
4.7 电机反馈规格	20
第 5 章 接线说明	21
5.1 接口及接线图说明	21
5.1.1 接口布局	21
5.1.2 接口定义	23
5.1.3 接线框图	27
5.1.4 搭配柏楚系统接线框图	31
5.2 接口说明	33
5.2.1 EtherCAT 通讯接口	33
5.2.2 单轴双驱通讯接口	34
5.2.3 STO 接口	35
5.2.4 USB 通讯接口	36
5.2.5 功率电源接口	36
5.2.6 控制电源接口	38
5.2.7 电机动力接口	39
5.2.8 控制信号接口	40
5.2.9 机器信号接口	42
5.2.10 电机编码器反馈接口	43
5.2.11 再生制动接口	46
5.2.12 抱闸接口	47
5.2.13 数码管、Charge 指示灯、接地螺丝	48
5.3 主回路推荐线缆	49

5.4 主回路接线规范	50
5.4.1 主回路接线规范	50
5.4.2 电源（动力）接线规范	50
5.4.3 信号（控制）接线规范	51
5.4.4 地线接线规范	52
5.5 电气柜接线规范	52
5.6 抗噪音干扰方法	53
5.6.1 噪音及其处理办法	53
5.6.2 连接噪音滤波器的注意事项	55
第 6 章 驱动器报警及解决方案	57
6.1 报警和故障代码	57
6.2 内部故障	65
第 7 章 软件简介	66
7.1 安装	66
7.2 界面	68
7.2.1 菜单栏	68
7.2.2 工具栏	74
7.2.3 侧边栏	75
7.2.4 状态栏	78
7.3 通信	78
第 8 章 参数设置	79
8.1 系统参数	79
8.1.1 版本参数	79
8.1.2 常规	79

8.1.3 多机通信	80
8.1.4 数字 I/O	80
8.1.5 双驱	80
8.1.6 编码器	80
8.1.7 再生制动	81
8.2 电机参数	81
8.2.1 常规	81
8.2.2 旋转电机	81
8.2.3 直线电机	81
8.3 用户参数	82
8.3.1 保护功能-电流保护	82
8.3.2 保护功能-电压保护	82
8.3.3 保护功能-飞车保护	82
8.3.4 保护功能-速度保护	82
8.3.5 保护功能-温度保护	83
8.3.6 等效编码器输出	83
8.3.7 回零	83
8.3.8 紧急制动	83
8.3.9 其他	83
8.3.10 双驱	84
8.3.11 寻相	84
8.3.12 指令滤波	84
8.4 控制参数	84
8.4.1 电流环	84

8.4.2 高级抗扰	85
8.4.3 速度环	85
8.4.4 位置环	86
8.5 滤波器参数	86
8.5.1 滤波器参数	86
8.5.2 超前滞后	86
8.5.3 低通	86
8.5.4 高通	86
8.5.5 共振	87
8.5.6 双二阶	87
8.5.7 陷波	87
8.6 参数表	88
8.6.1 编码器参数	88
8.6.2 电机参数	89
第 9 章 功能说明	104
9.1 寻相	104
9.2 惯量测定	107
9.3 扫频	108
9.4 点动	110
9.5 空移	111
9.6 回零	112
9.7 误差校正	113
9.8 双驱误差校正	114
9.9 示波器监控	118

9.9.1 示波器参数	118
9.9.2 轴监控参数	118
9.9.3 示波器控制相关按钮	119
9.9.4 示波器快捷键	119
9.9.5 示波器内快捷菜单	119
9.9.6 通道信息	120
9.9.7 自动保存数据	121
9.9.8 黑匣子功能	123
9.10 数字 I/O	126
9.11 再生电阻	128
9.12 调试日志	135
第 10 章 调试方法	136
10.1 快速调试流程	136
10.1.1 电机参数配置	137
10.1.2 编码器参数配置	138
10.1.3 控制参数配置	139
10.1.4 电流环参数配置	140
10.1.5 惯量测定	144
10.1.6 扫频辨识	145
10.1.7 位置速度环参数配置	147
10.1.8 验证	148
10.2 一键自整定	150
10.3 手动整定	152
10.3.1 简易模式	154

10.3.2 详细模式	155
10.3.3 高级功能	157
10.3.4 案例说明	160
10.4 滤波器	178
10.4.1 低通滤波器	178
10.4.2 高通滤波器	179
10.4.3 陷波滤波器	179
10.4.4 双二阶滤波器	179
10.4.5 超前滞后滤波器	180
10.4.6 共振滤波器	180
10.5 龙门双驱调试	181
10.5.1 参数介绍	181
10.5.2 平移轴、旋转轴调试方法	183

第 1 章 功能简介

BCD 单轴系列直线电机专用驱动器，采用创新技术和先进控制算法，适用于精密加工行业。该系列共包含 4 款产品，分别为 BCD105、BCD108、BCD113 与 BCD125B。

1.1 型号说明

产品型号说明如下（以 BCD125B 为例）：

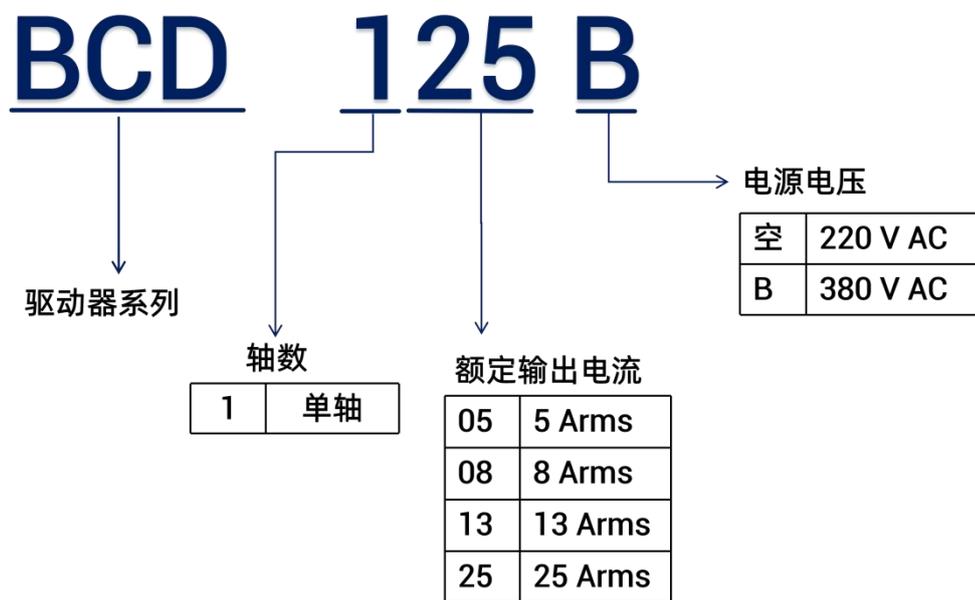


图 1-1 产品型号说明

1.2 标准规格

表 1-1 BCD 系列规格

		BCD105	BCD108	BCD113	BCD125B
功能模块	参数	技术指标			
主电源模块	额定电压	单相 220 V AC	单相/三相 220 V AC		三相 380 V AC
	容许电压	● 200 V 级：单相/三相 220 V AC ±10%			
	波动范围	● 400 V 级：三相 380 V AC ±10%			
	额定频率	50 Hz – 60 Hz，波动范围±5%			
通讯接口	/	EtherCAT 接口，USB 接口			
运行模式	主回路控制模式	SVPWM/FOC 控制模式			
	可选控制模式	电流（转矩）控制、速度控制、位置控制			
	电流（转矩）控制	EtherCAT，USB；刷新频率可调（最高 32 kHz）			
	速度控制	EtherCAT，USB；刷新频率可调（最高 16 kHz）			
	位置控制				
直线电机负载特性	输出功率	1.2 kVA @220 V AC	1.6 kVA @220 V AC	2.6 kVA @220 V AC	12.7 kVA @380 V AC
	连续输出电流	5 Arms	8 Arms	13 Arms	25 Arms
	单轴峰值电流 (2 s)	15 Arms	26 Arms	26 Arms	75 Arms
	输出电压	额定条件下输出三相，0 V – 额定输入电压			
	电机类型	支持直线电机，DD 马达			
	控制端子	信号电源输出	18 V – 30 V		
数字 IO		<ul style="list-style-type: none"> ● 8 路隔离普通输入，3 路隔离高速输入 ● 6 路隔离普通输出，2 路隔离高速输出 			
单轴同步		支持多台驱动器之间通过级联交互数据			
STO (安全转矩关断)	STO 电源 (直流电压)	24 V ± 10%			
编码器接口	编码器输入类型	支持 ABZ 增量式编码器、协议式绝对式编码器、模拟量编码器			
	等效编码器输出	支持等效编码器输出			

		BCD105	BCD108	BCD113	BCD125B
功能模块	参数	技术指标			
安装尺寸 (长 x 宽 x 高)		163.9 mm × 54.4 mm × 200 mm	175 mm × 60.7 mm × 200 mm		353 mm × 204 mm × 148 mm
重量		1.1 kg	1.4 kg		10.4 kg
防护等级		IP20			
冷却方式		风扇冷却			
湿度		0% – 90%RH 以下 (不结露)			
存储温度		0°C – 60°C			
环境工作温度		-20°C – 45°C			

1.3 产品配件

BCD 单轴系列驱动器包含以下部件：BCD 单轴系列驱动器 1 台、线材配件若干。

表 1-2 BCD 单轴系列驱动器配件表

驱动器	配件		
型号	名称	型号	数量
全系列单轴驱动器共用	5P STO 端子	MC 1,5/5-STF-3,81 BK	1
	36P 控制器接口连接器	6320M-036SSS1MNA01	1
	26P 反馈接口连接器	6320M-026SSS1MNA01	1
	20P 机器接口连接器	6320M-020SSS1MNA01	1
BCD105	6P 电源接口连接器	WD5085-1HB06S4BA01	1
	4P 电机接口连接器	WD5085-1HB04S4BA01	1
BCD108/BCD113	3P 功率电源接口连接器	WD6350-1H03B001W	1
	2P 控制电源接口连接器	WD5085-1H02B001W	1
	2P 再生电阻接口连接器	WD6000-1H02B001	1
	4P 电机接口连接器	WD6350-1H04B001	1
BCD125B	2P 24 V 电源连接器	WF3001-1H02B01	1
	2P 抱闸连接器	5EDGKH-7.62-02P-14-02A(H)	1
	3P 电机接口连接器	5EDGKH-7.62-03P-14-02A(H)	1
	6P 电源接口连接器	5EDGKH-7.62-06P-14-02A(H)	1

1.4 产品标签

用户可在驱动器背板上查看产品标签。下图是单轴系列驱动器产品标签示例：

BCD125B


Serial No.

Rating	Input	Output
Voltage	380VAC	0-380VAC
Frequency	50/60Hz	0-1000Hz
Phase	3ph	3ph
F.L.Current 3ph	25A	25A
Power ^① 380VAC		12.7kVA

 WARNING	Protective earth terminal. Terminal de mise en terre.
 DANGER	Read manual carefully and follow the safety instructions. Use correct PE earthing technique.
 WARNING	Risk of electric shock. Don't touch power terminals for 10 minutes after turning OFF.
 CAUTION	Be careful when touch the metal shell near air outlet. May cause burns.

Shanghai Bochu
Electronic Technology Co., Ltd.
NO.1000, Lanxianghu Rd.(S),
Minhang District, Shanghai
Made in China

TEL : +86 (21) 64309023
FAX : +86 (21) 64308817
WEB : www.bochu.com

EtherCAT 






图 1-2 BCD125B 产品标签

第 2 章 安全注意事项

BCD 单轴系列驱动器用作设备系统内部的一个组件，机器制造商和集成商必须确保人员安全和机器系统完备。机器制造商和集成商在进行风险评估时，必须考虑到 BCD 单轴系列驱动器的预期用途。根据评估结果，必须实施适当的安全措施。

BCD 单轴系列驱动器必须按照所有适用的安全规范和命令以及所有技术规范和要求使用，使用不当可能造成人身伤害或设备损坏。只有合格人员才能执行安装、操作、检修和维护程序。合格人员必须受过充分技术培训并掌握充足知识，必须完全熟悉执行此类工作的所有适用标准、命令以及事故预防条例，能够识别和预测在使用产品、修改设置以及操作整个机器系统的机械、电气和电子部件时可能出现的危险。

2.1 安全标志

安全标志表示如不遵守规定的预防措施和安全操作实践，很有可能发生人身伤害或设备损坏。驱动器使用下列安全警告标志：

表 2-1 安全警告标志表

标志	含义	描述	ISO7000/ IEC60417
 保护接地	保护接地	表示用于连接外导体在发生故障时提供电击防护的任何端子，或保护接地电极端头。	5019
 警告	警告	提示操作设备时需小心谨慎并提示操作员需要了解当前情况，或操作员需采取措施以避免出现不良后果。	0430
 危险电压	危险电压	提示危险电压隐患。	5036

2.2 安全指南

2.2.1 安装安全

将 BCD 单轴系列驱动器连接至其他控制设备时，确保遵循两条基本准则，防止损坏驱动器：

 **警告：**

1. BCD 单轴系列驱动器必须经交流主电源的接地线接地。
2. 所有与驱动器连接的控制设备（如传动控制器、PLC、PC），其接地端必须与驱动器的接地端连接至同一接地点。

安装的其他注意事项说明如下：

- 安装或试运行 BCD 单轴系列驱动器前，审查所有相关产品资料。
- 严格按照产品规范和安装说明进行安装。
- 所有系统部件必须接地。通过低电阻接地连接保障电气安全（EN/IEC618005-1 标准规定的 1 级防护）。电机应通过额定值不小于电机电线的单独接地导线连接保护接地线。
- 作为机器设计的一部分，机器制造商必须进行机器危险分析，并采取适当措施确保意外活动不会造成身体伤害或设备损坏。
- 驱动器符合 IP20（IEC60529 标准）；因此，机器制造商必须选择适合的外壳。外壳必须至少满足 IP54（IEC60529 标准），由金属或 5VA 易燃性等级材料组成，底部无开孔。
- 为确保符合 IEC 61800-5-1 标准要求，建议采用以下两种接地方式之一：采用双 PE 连接（一路通过主电源接地线连接，另一路通过驱动器通用安装板处的螺钉进行接地连接）；或使用横截面积大于 10 mm²的铜质连接电缆进行接地。
- 除用于保护接地外，不可使用带一条或多条绿色条纹的黄色电线。
- 电源电缆额定值应至少为 600 V，75°C。

2.2.2 操作安全

机器制造商负责设备安全实施、测试和认证。机器手册必须明确说明操作和维修条件以及安全预防措施。

 **警告：**

1. 严格按照产品规范和安装说明进行所有设备操作。
 2. 机器制造商必须按照当地法规要求提供电源断开装置。
 3. 操作过程中，所有保护盖和机柜门保持关闭。
 4. 设备内部存在带电部件，操作过程中，即使电机处于静止状态，强电电源电缆仍可能带有高压。
 5. 对于承受悬吊负荷或不平衡负荷的机床轴，必须加装附加机械安全装置（例如电机控制制动器），以防止负载失控坠落。当 STO（安全转矩关断）功能激活时，BCD 单轴系列驱动器无法保持负载悬吊。若负载未采取适当的保护措施，可能导致严重伤害。
-

2.2.3 维护安全

对驱动器进行维护，需注意以下事项：

 **警告：**

1. 在对 BCD 单轴系列驱动器（或其驱动的设备）进行维护之前，请审查所有相关产品资料。
 2. 严格按照产品维护要求和说明执行维护程序。
 3. 为避免电弧及人身伤害和电触点损害，切勿在通电状态下断开或连接产品。
 4. 设备断电后，触摸或断开通常带电的部件（如电容器、开关触点、螺钉连接）前，需等待至少 10 分钟。
 5. 在触摸设备前，用电表测量电触点，确定直流电压低于 30 V 后再处理组件。
-

第 3 章 机械安装

3.1 尺寸

各型号 BCD 单轴驱动器产品的外壳尺寸不同，具体尺寸见下图（尺寸单位：mm）。

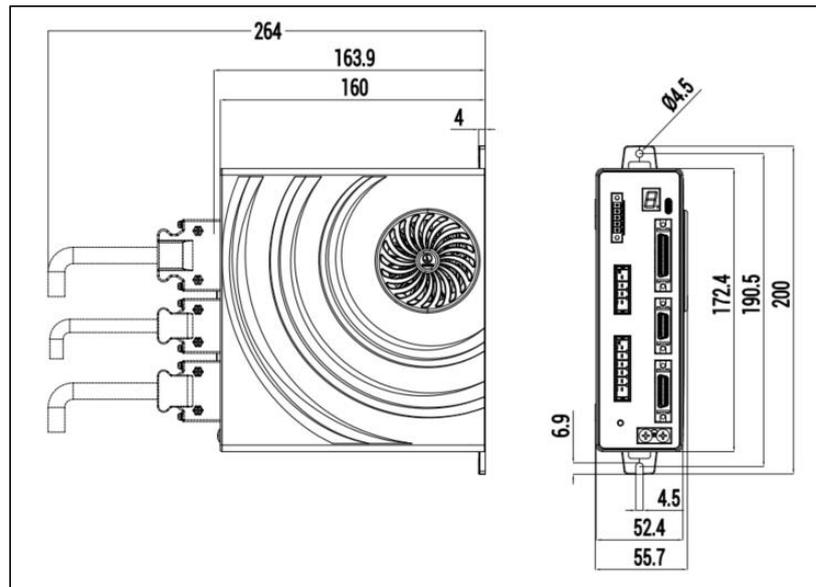


图 3-1 BCD105 尺寸图

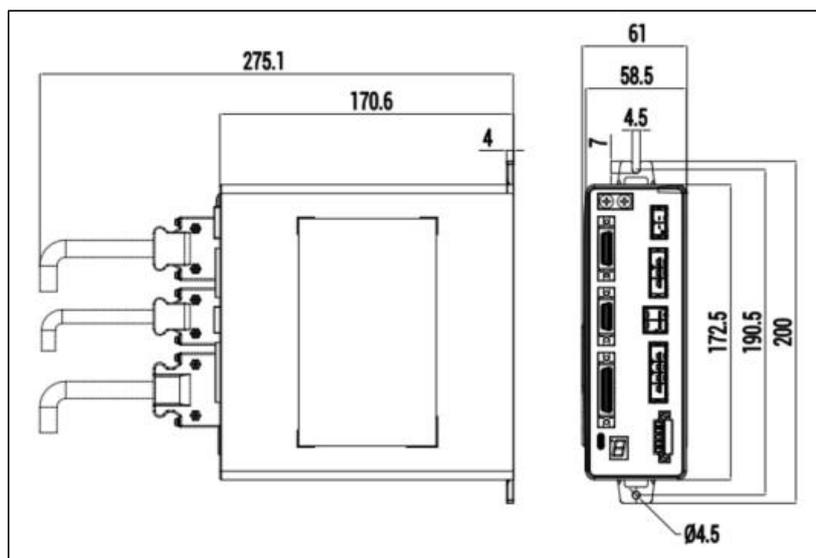


图 3-2 BCD108/BCD113 尺寸图

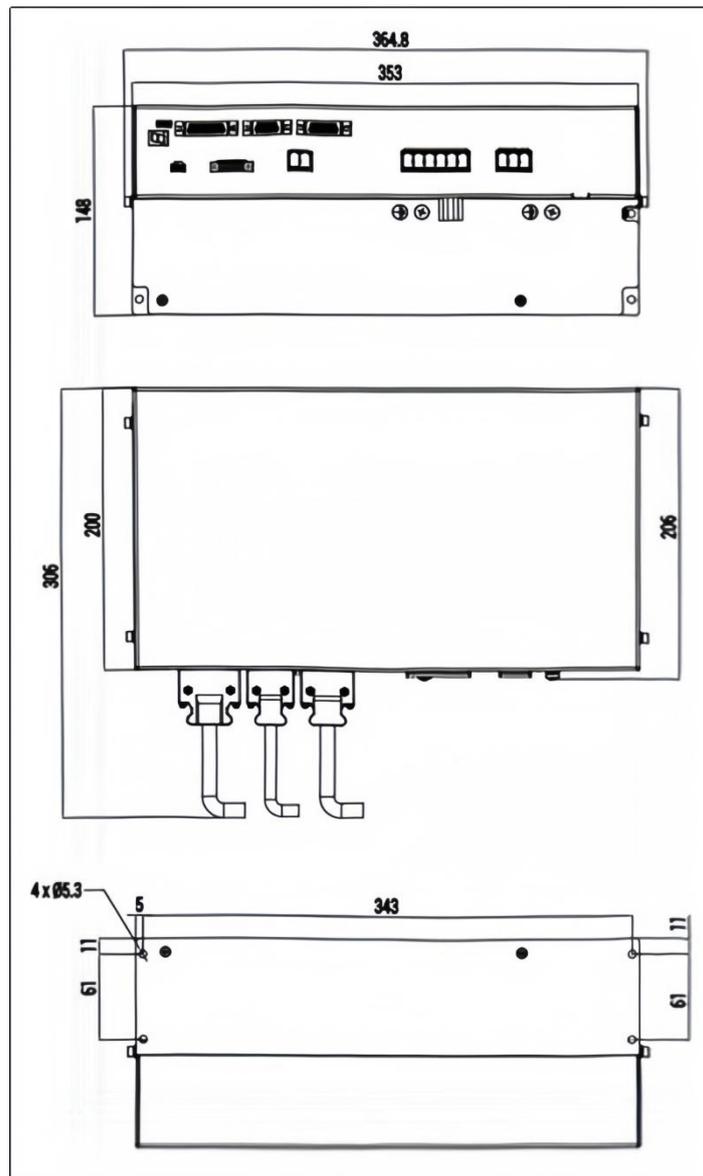


图 3-3 BCD125B 尺寸图

3.2 安装

3.2.1 产品装配要求

产品装配请遵守如下规范：

1. 接触控制板电路或插/拔端子之前，请佩戴防静电手套或者接触有效接地金属物体进行人体放电，防止可能的静电损坏运动控制器。
2. 接口（USB 接口除外）禁止带电插拔，带电插拔可能导致内部元器件烧毁。
3. 请小心拿放，禁止外力压迫 PCB 板，压迫板卡可能造成板卡弯曲，导致板卡功能受损。

3.2.2 安装单台驱动器

使用产品通用安装板将 BCD 单轴驱动器安装在接地导电金属面板上，注意金属面板必须足够坚固。有关产品重量请参阅[标准规格](#)。有关安装尺寸，请参阅[尺寸](#)。

3.2.3 安装多台单轴驱动器

由于不同电流规格的 BCD 单轴产品在散热需求方面不一致，建议在安装多台单轴驱动器时，根据型号来确定实际的安装间距。同时，请确保机箱内部环境温度不超过 45°C。为实现最佳空气循环，建议在机柜底部安装冷却风扇。

以 BCD113 为例，当多台 BCD113 并排安装在一个机柜或机箱内时，建议产品左、右侧的最小间距为 30 mm，最小顶部和底部间隙为 50 mm。安装效果如下图所示。

BCD105、BCD108、BCD125B 的安装间距，请参考[机电规范](#)。

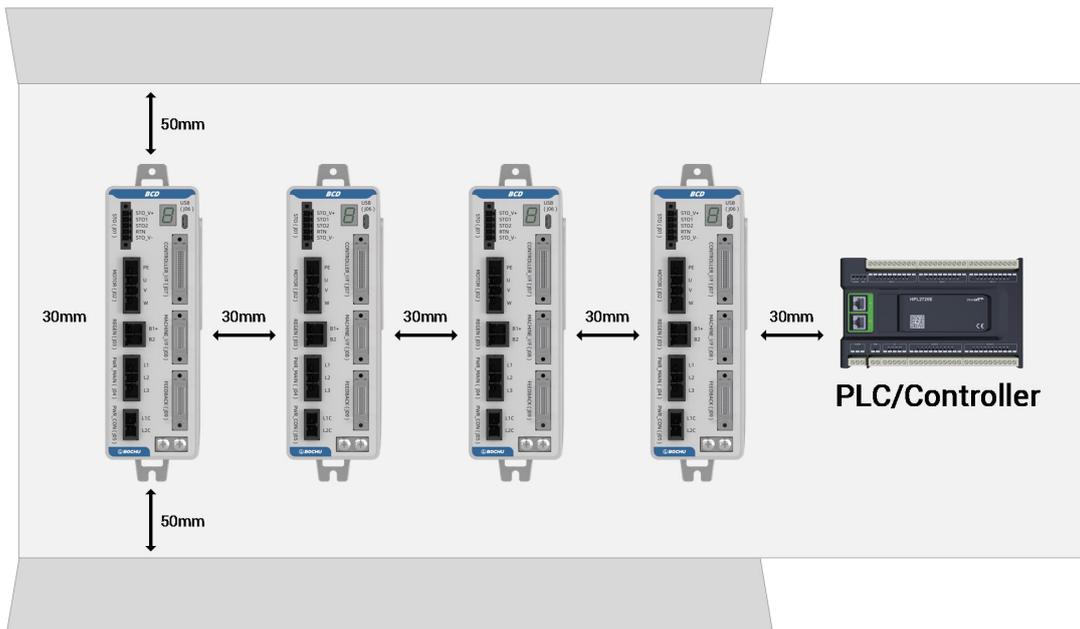


图 3-4 多台 BCD113 并排安装的示意图

第 4 章 规格

4.1 机电规范

表 4-1 机电规范表

规范 (额定值)		BCD105	BCD108
电气规格			
功率电源输入	额定电压 (V AC) $\pm 10\%$ (交流电压线-中性点)	220	220
	线频率 (Hz)	50/60	50/60
	200-240 V AC	1Phase	1Phase/3Phase
	连续电流 (单相 Arms)	9	14
	连续电流 (三相 Arms)	-	8
	线熔断器 (FWP, 或同等产品)	10	15
	耐压 (初级对地)	1500 V AC (2121 V DC)	
控制电源输入	/	220 V AC $\pm 10\%$ 单相	220 V AC $\pm 10\%$ 单相
STO (安全转矩关断)	STO 电源 (直流电压)	24 V $\pm 10\%$	
驱动器输出	连续输出电流 (Arms)	5	8
	连续输出电流 (Apeak)	7.07	11.31
	峰值输出电流 (Arms) 2 秒	15	26
	峰值输出电流 (Apeak) 2 秒	21.21	36.74
	kVA, 交流电压 220 V	1.2	1.6
	PWM 频率 (kHz)	16	16
软启动	最大软启动浪涌电流 (Apeak)	20	30
	最大充电时间 (ms)	1000	1000
控制电路损耗	W	5	5

规范 (额定值)		BCD105	BCD108
硬件规格			
连接硬件	PE 接地螺钉尺寸/转矩	M4 x 6/1.2 N·m	M4 x 6/1.2 N·m
线号	控制电路 (AWG) (3 m 以下)	-	24 - 28
	主电路电机线路 (AWG)	18	14 - 16
	主电路交流输入 (AWG)	18	14 - 16
	PE 接地螺钉	M4	M4
安装	Book 安装	-	-
净距离	左右 (mm)	10	30
	顶部/底部 (mm)	50	50
再生电阻 (B1+、B2) 规格			
内部再生电阻 (B1+、B2)	-	-	-
外部再生电阻	峰值电流 (A)	25	40
要求 (再生电	最小电阻 (Ω)	16	10
阻不随驱动器提供)	额定功率 (W)	与再生参数、选用电阻规格和使用要求相关, 具体参考 再生电阻选型 。	
应用信息	内总线电容 (μF)	1120	2040
	再生电路开启阈值 (直流电压)	380 V DC	380 V DC
	再生电路关断阈值 (直流电压)	360 V DC	360 V DC

表 4-2 机电规范表

规范 (额定值)		BCD113	BCD125B
电气规格			
功率电源输入	额定电压 (V AC) $\pm 10\%$ (交流电压线-中性点)	220	380
	线频率 (Hz)	50/60	50/60
	200-240 V AC	1Phase/3Phase	3Phase
	连续电流 (单相 Arms)	22	-
	连续电流 (三相 Arms)	13	25
	线熔断器 (FWP, 或同等产品)	25	30
	耐压 (初级对地)	1500 V AC (2121 V DC)	
控制电源输入	/	220 V AC $\pm 10\%$ 单相	24 V DC $\pm 10\%$
STO (安全转矩关断)	STO 电源 (直流电压)	24 V $\pm 10\%$	
驱动器输出	连续输出电流 (Arms)	13	25
	连续输出电流 (Apeak)	18.38	35.35
	峰值输出电流 (Arms) 2 秒	26	75
	峰值输出电流 (Apeak) 2 秒	36.74	106.05
	kVA, 交流电压 220 V	2.6	12.7
	PWM 频率 (kHz)	16	8
软启动	最大软启动浪涌电流(Apeak)	30	25
	最大充电时间 (ms)	1000	700
控制电路损耗	W	5	10

规范 (额定值)		BCD113	BCD125B
硬件规格			
连接硬件	PE 接地螺钉尺寸/转矩	M4 x 6/1.2 N·m	M5 x 20/4.4 N·m
线号	控制电路 (AWG) (3 m 以下)	24 - 28	24 - 28
	主电路电机线路 (AWG)	14 - 16	12
	主电路交流输入 (AWG)	14 - 16	12
	PE 接地螺钉	M4	M5
安装	Book 安装	-	-
净距离	左右 (mm)	30	30
	顶部/底部 (mm)	50	50
再生电阻 (B1+、B2) 规格			
内部再生电阻 (B1+、B2)	峰值电流 (A)	-	65
	电阻 (Ω)	-	12
	功率 (W)	-	300
外部再生电阻 要求 (再生电 阻不随驱动器 提供)	峰值电流 (A)	40	100
	最小电阻 (Ω)	10	8.4
	额定功率 (W)	与再生参数、选用电阻规格和使用要求相关, 具体参考 再生电阻选型 。	
应用信息	内总线电容 (μF)	2040	1640
	再生电路开启阈值 (直流电压)	380 V DC	644.8 V DC
	再生电路关断阈值 (直流电压)	360 V DC	624.8 V DC
抱闸规格			
抱闸输出	开闸电压	-	等同控制电源输入
	关闸时泄露电流 (mA)	-	< 2
	最大电流 (A)	-	< 1
	短路保护	-	保险丝保护
	最大开启时间 (ms)	-	1
	最大关闭时间 (ms)	-	1

4.2 通信规范

表 4-3 通信规范表

特性	规范
EtherCAT	用于驱动器和运动控制的 CiA301 应用层和 CiA402 设备配置文件
	通信周期: 1 ms
USB	基于 ASCII, UltraServo, 超级终端
	波特率: 115200 bit/s
	最大电缆长度: 5 m
单轴同步	支持轴数: 最多 20 个轴
	最大电缆长度: 3 m

4.3 控制规范

表 4-4 控制规范表

特性	规范	
电机	类型	线性伺服电机、DD 马达
	自动电机定相	自动配置电机相位、编码器方案、霍尔传感器序列
操作模式	可选控制模式	位置模式、龙门双驱控制
位置控制	性能	更新速率 62.5 μ s (16 kHz)
	控制回路	PID 和前馈
	参考命令	EtherCAT、USB
龙门控制	控制回路	PID 和前馈
制动器	方法	控制制动, 动态制动
数码管	用户界面	7 段 LED (绿色), 显示驱动器状态
GUI	用户界面	基于 Windows 的 UltraServo 应用程序
	功能	设置连接、驱动信息、电源信息、电机、反馈、输入/输出选择/配置、动作设置/调谐、故障历史/显示、设置向导、专家视图
电子传动装置	方法	用户定义输入信号比
旋转单位	位置	计数、转速、度数
	速率	rps、rpm、deg/s
	加速/减速	rps/s、rpm/s、deg/s ²

特性	规范	
线性装置	位置	计数、节距、mm、um
	速率	mm/s、μm/s
	加速/减速	mm/s ² 、μm/s ²

4.4 输入/输出规范

表 4-5 BCD 单轴系列驱动器输入/输出规范表

特性	规范	
等效编码器输出	信号	AB 正交输出和指数差分输出, RS422 线路发送器
	最大输出频率	10 MHz
数字输入	数量	8
	信号	<ul style="list-style-type: none"> ● 可配置, 光学隔离 ● Sourcing 型信号输入
	电压	24 V (IEC61131)
	电磁干扰保护	是
	最大输入电流	1 mA
	传输延迟时间	1 ms
	频率	1 kHz
快速数字输入	数量	3
	信号	<ul style="list-style-type: none"> ● 可配置, 光学隔离 ● Sourcing 型信号输入
	电压	24 V (IEC61131)
	电磁干扰保护	是
	最大输入电流	12.5 mA
	传输延迟时间	1 μs
	频率	1 MHz
数字输出	数量	6
	信号	<ul style="list-style-type: none"> ● 可配置, 光学隔离 ● 发射极开路, Sourcing 型信号输入
	电压	24 V (IEC61131)
	电磁干扰保护	是

特性	规范	
	最大输出电流	100 mA
	电流过载保护	是
	传输延迟时间	1 ms
快速数字输出	数量	2
	信号	<ul style="list-style-type: none"> ● 可配置，光学隔离。 ● Sourcing 型信号输入。
	电压	24 V (IEC61131)
	电磁干扰保护	有
	最大输出电流	50 mA
	电流过载保护	是
	传输延迟时间	1 us

4.5 STO/功能安全规范

表 4-6 STO/功能安全规范表

特性	参数	
STO 输入电压 -逻辑状态关系	额定电压	直流电压 24 V
	电压等级, 按照 EN61131-2 标准 2 类例外情况 (工作电压为 15 V DC 直流而非 11 V DC)	<ul style="list-style-type: none"> ● 直流电压 20 V – 24 V: STO 功能未激活 (允许动作) ● 直流电压 14.5 V – 20 V: STO 功能无保证状态 ● 直流电压 0 V – 14.5 V: STO 功能激活 (动作抑制)
	电源-外部	需要 SELV/PELV
	电源-内部	需要 STO 短接片
电缆	最大长度	30 m
	线号	22 – 24 AWG
电流损耗	-	直流电压 24 V, < 200 mA
最大反应时间	运动抑制时间范围	3.2 ms

4.6 保护功能和环境规范

表 4-7 保护功能和环境规范表

特性		规范
保护功能	-	包括但不限于：低/过电压、过电流、驱动和电机过热、STO 信号未连接、未配置、电路故障
合规	-	<ul style="list-style-type: none"> ● IEC61800-5-1：低压命令 2006/95/EC，调速电力驱动系统 ● IEC61800-3：电磁兼容性（EMC）命令 2004/108/E，调速电力驱动系统
环境	温度	<ul style="list-style-type: none"> ● 工作温度：0°C – 45°C ● 存储温度：0°C – 60°C
	湿度	10% – 90%
	高度	≤ 2000 m（符合 IEC61800-5-1 标准规定间距的情况下）
	振动	1.0 g
工作条件	保护等级	IP20
	污染程度	IEC60664-1 标准 2 度
	-	请勿在下列地点使用：腐蚀性或易燃气体、水油或化学品、粉尘（包括铁粉）和盐

4.7 电机反馈规格

表 4-8 电机反馈规格表

特性	规范	
电源	驱动器电源电压	直流电压 5 V
	驱动器到编码器的最大电源电流	320 mA@5 V
电缆	最大长度	绝对式编码器的线长最长为 20 m
ABZ 编码器	差分 RS422	ABZ 编码器
	ABZ 信号最大输入频率	10 MHz
霍尔传感器	信号	单端型
正弦编码器	信号	正弦/余弦差分, 兼容单端霍尔
	信号电平	2.5 ± 0.5 Vpp
	最大输入频率	500 kHz
	输入阻抗	100 Ω
	插值	最大 4096 (12 位)
绝对编码器	协议	EnDat2.2, BISS-C, 多摩川
	信号最大输入频率	10 MHz
电机温度	信号	用户定义温敏电阻/铂电阻类型 (NTC/PTC) 用户定义故障阈值

第 5 章 接线说明

5.1 接口及接线图说明

5.1.1 接口布局

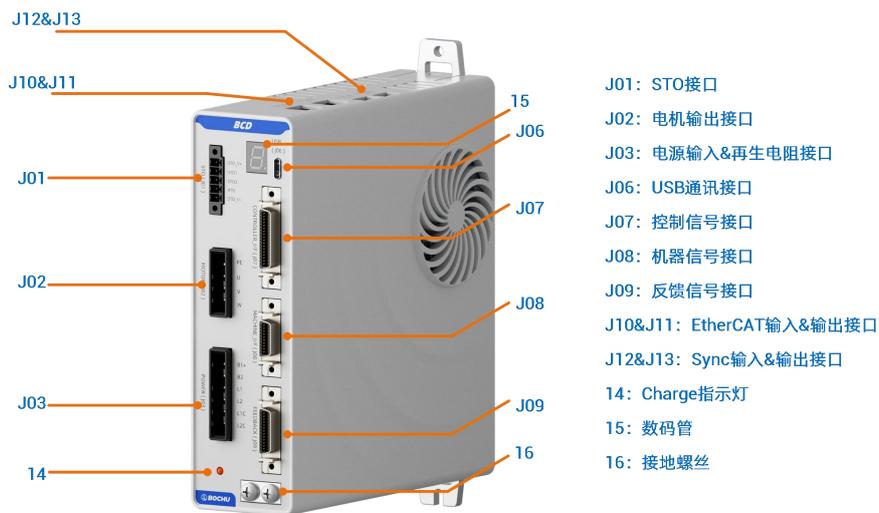


图 5-1 BCD105 接口分布图

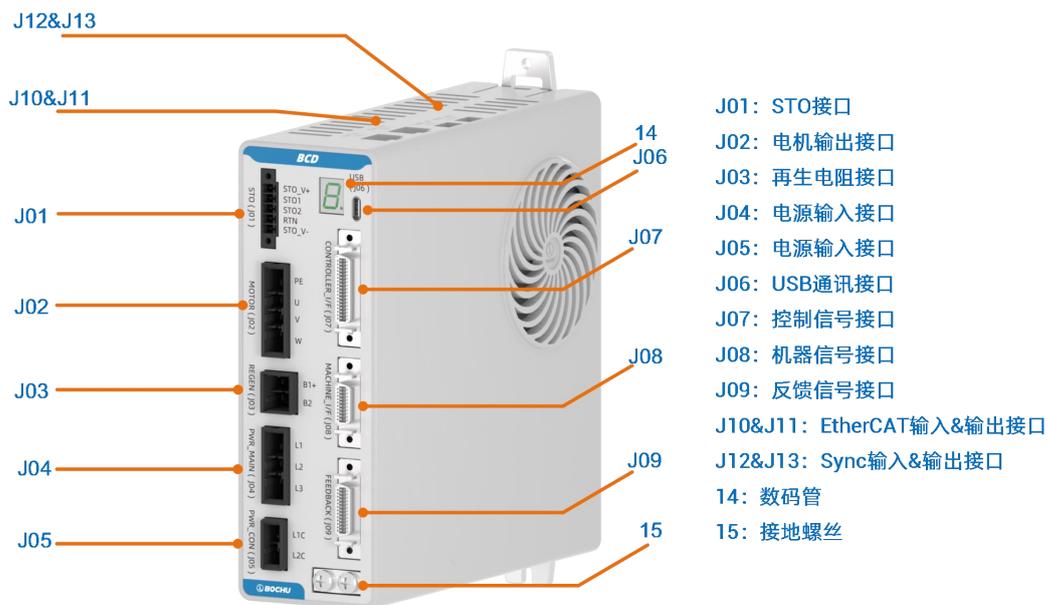


图 5-2 BCD108 接口分布图

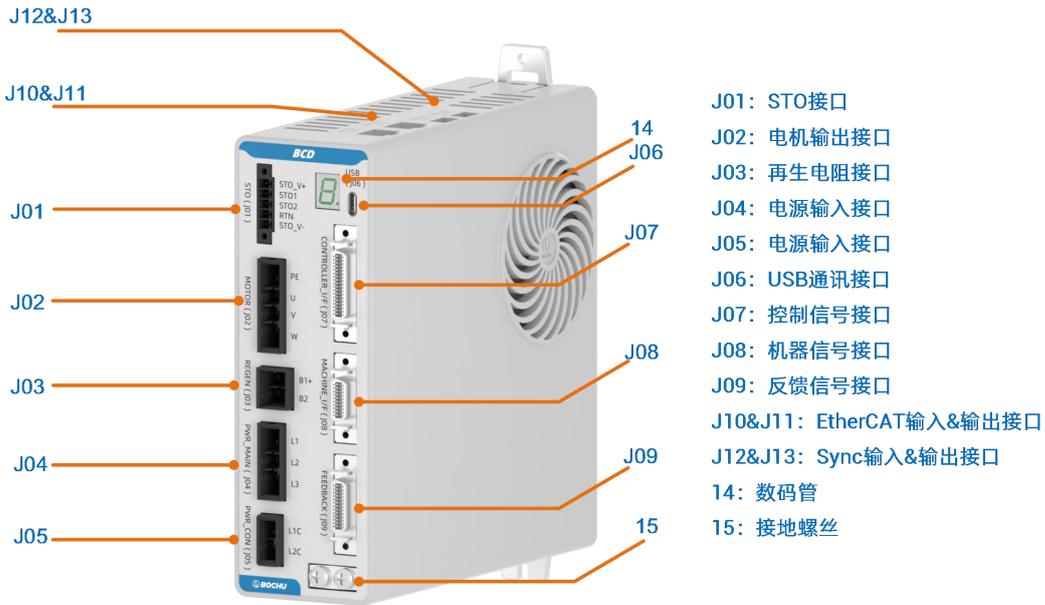


图 5-3 BCD113 接口分布图

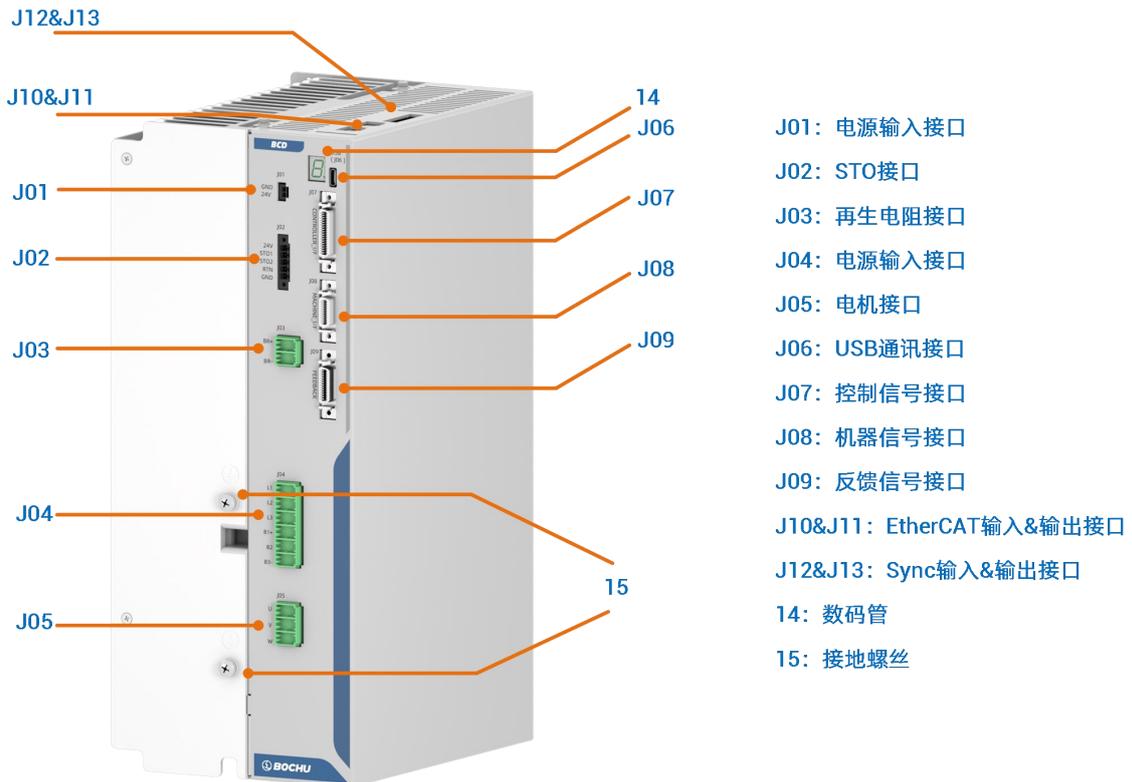
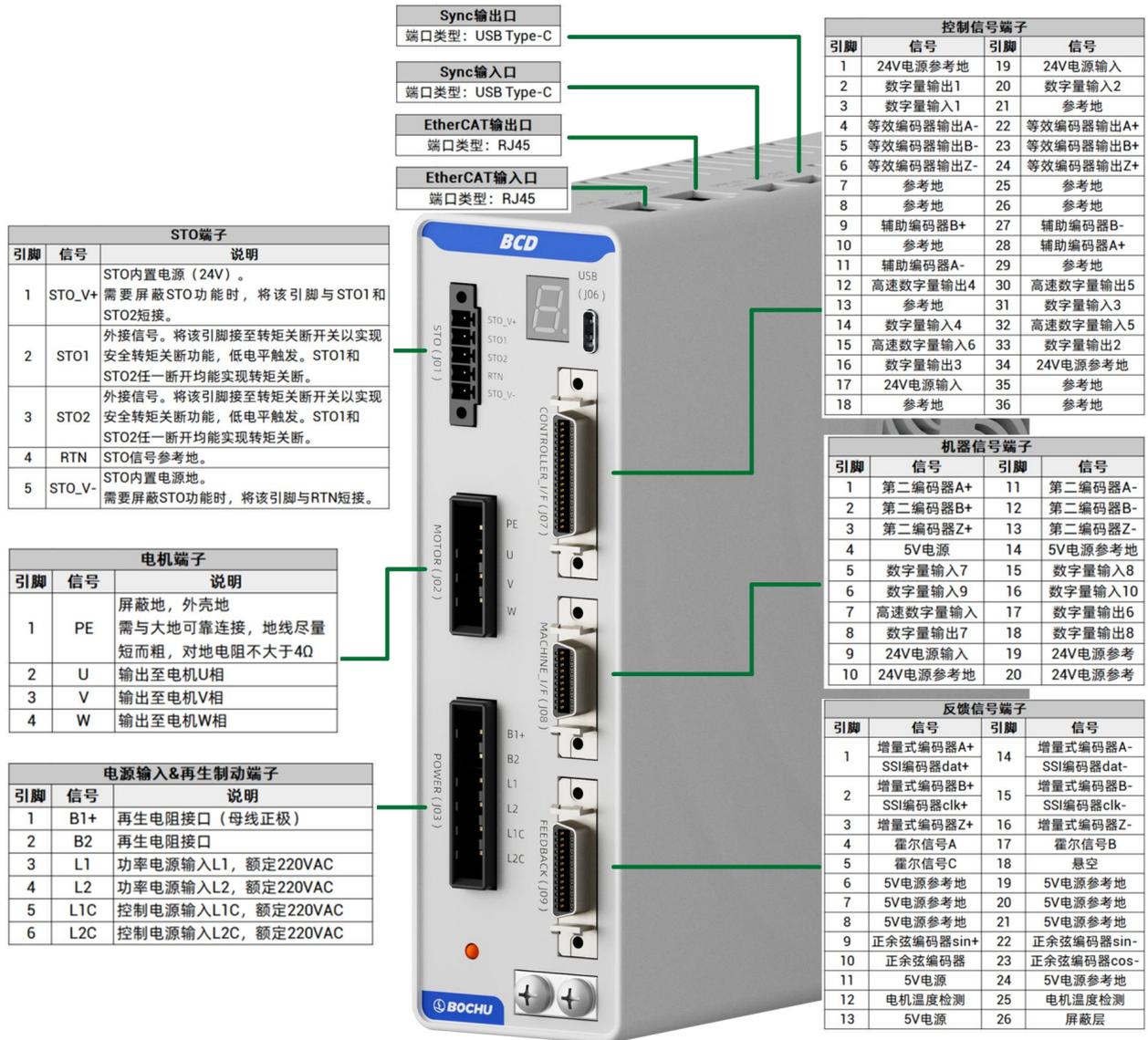


图 5-4 BCD125B 接口分布图

5.1.2 接口定义



STO端子		
引脚	信号	说明
1	STO_V+	STO内置电源(24V)。需要屏蔽STO功能时,将该引脚与STO1和STO2短接。
2	STO1	外接信号。将该引脚接至转矩断开开关以实现安全转矩断开功能,低电平触发。STO1和STO2任一断开均能实现转矩断开。
3	STO2	外接信号。将该引脚接至转矩断开开关以实现安全转矩断开功能,低电平触发。STO1和STO2任一断开均能实现转矩断开。
4	RTN	STO信号参考地。
5	STO_V-	STO内置电源地。需要屏蔽STO功能时,将该引脚与RTN短接。

电机端子		
引脚	信号	说明
1	PE	屏蔽地,外壳地 需与大地可靠连接,地线尽量短而粗,对地电阻不大于4Ω
2	U	输出至电机U相
3	V	输出至电机V相
4	W	输出至电机W相

电源输入&再生制动端子		
引脚	信号	说明
1	B1+	再生电阻接口(母线正极)
2	B2	再生电阻接口
3	L1	功率电源输入L1,额定220VAC
4	L2	功率电源输入L2,额定220VAC
5	L1C	控制电源输入L1C,额定220VAC
6	L2C	控制电源输入L2C,额定220VAC

控制信号端子			
引脚	信号	引脚	信号
1	24V电源参考地	19	24V电源输入
2	数字量输出1	20	数字量输入2
3	数字量输入1	21	参考地
4	等效编码器输出A-	22	等效编码器输出A+
5	等效编码器输出B-	23	等效编码器输出B+
6	等效编码器输出Z-	24	等效编码器输出Z+
7	参考地	25	参考地
8	参考地	26	参考地
9	辅助编码器B+	27	辅助编码器B-
10	参考地	28	辅助编码器A+
11	辅助编码器A-	29	参考地
12	高速数字量输出4	30	高速数字量输入5
13	参考地	31	数字量输入3
14	数字量输入4	32	高速数字量输入5
15	高速数字量输入6	33	数字量输出2
16	数字量输出3	34	24V电源参考地
17	24V电源输入	35	参考地
18	参考地	36	参考地

机器信号端子			
引脚	信号	引脚	信号
1	第二编码器A+	11	第二编码器A-
2	第二编码器B+	12	第二编码器B-
3	第二编码器Z+	13	第二编码器Z-
4	5V电源	14	5V电源参考地
5	数字量输入7	15	数字量输入8
6	数字量输入9	16	数字量输入10
7	高速数字量输入	17	数字量输出6
8	数字量输出7	18	数字量输出8
9	24V电源输入	19	24V电源参考
10	24V电源参考地	20	24V电源参考

反馈信号端子			
引脚	信号	引脚	信号
1	增量式编码器A+ SSI编码器dat+	14	增量式编码器A- SSI编码器dat-
2	增量式编码器B+ SSI编码器clk+	15	增量式编码器B- SSI编码器clk-
3	增量式编码器Z+	16	增量式编码器Z-
4	霍尔信号A	17	霍尔信号B
5	霍尔信号C	18	悬空
6	5V电源参考地	19	5V电源参考地
7	5V电源参考地	20	5V电源参考地
8	5V电源参考地	21	5V电源参考地
9	正弦弦编码器sin+	22	正弦弦编码器sin-
10	正弦弦编码器	23	正弦弦编码器cos-
11	5V电源	24	5V电源参考地
12	电机温度检测	25	电机温度检测
13	5V电源	26	屏蔽层

图 5-5 BCD105 的接口定义

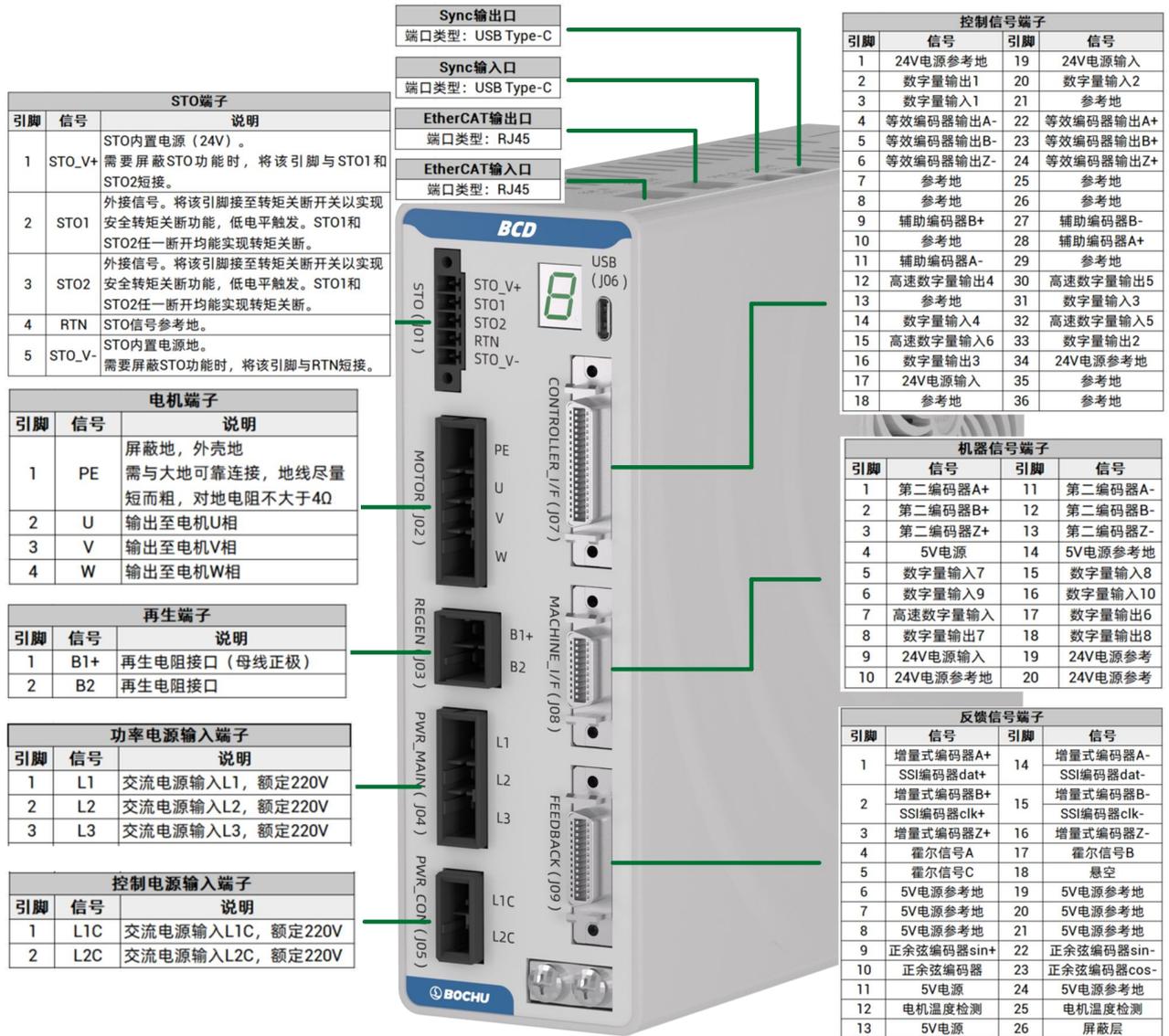


图 5-6 BCD108 的接口定义

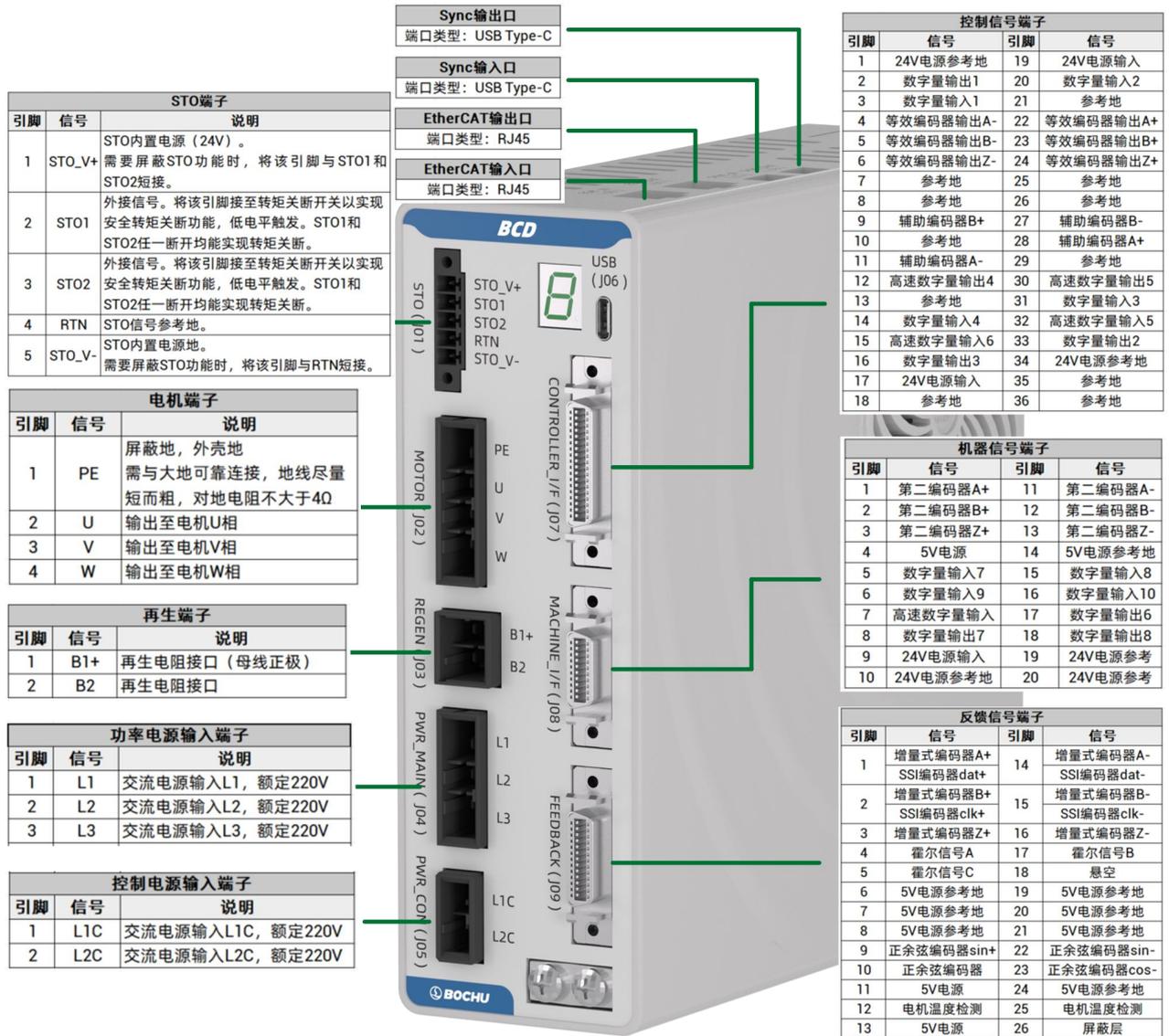


图 5-7 BCD113 的接口定义

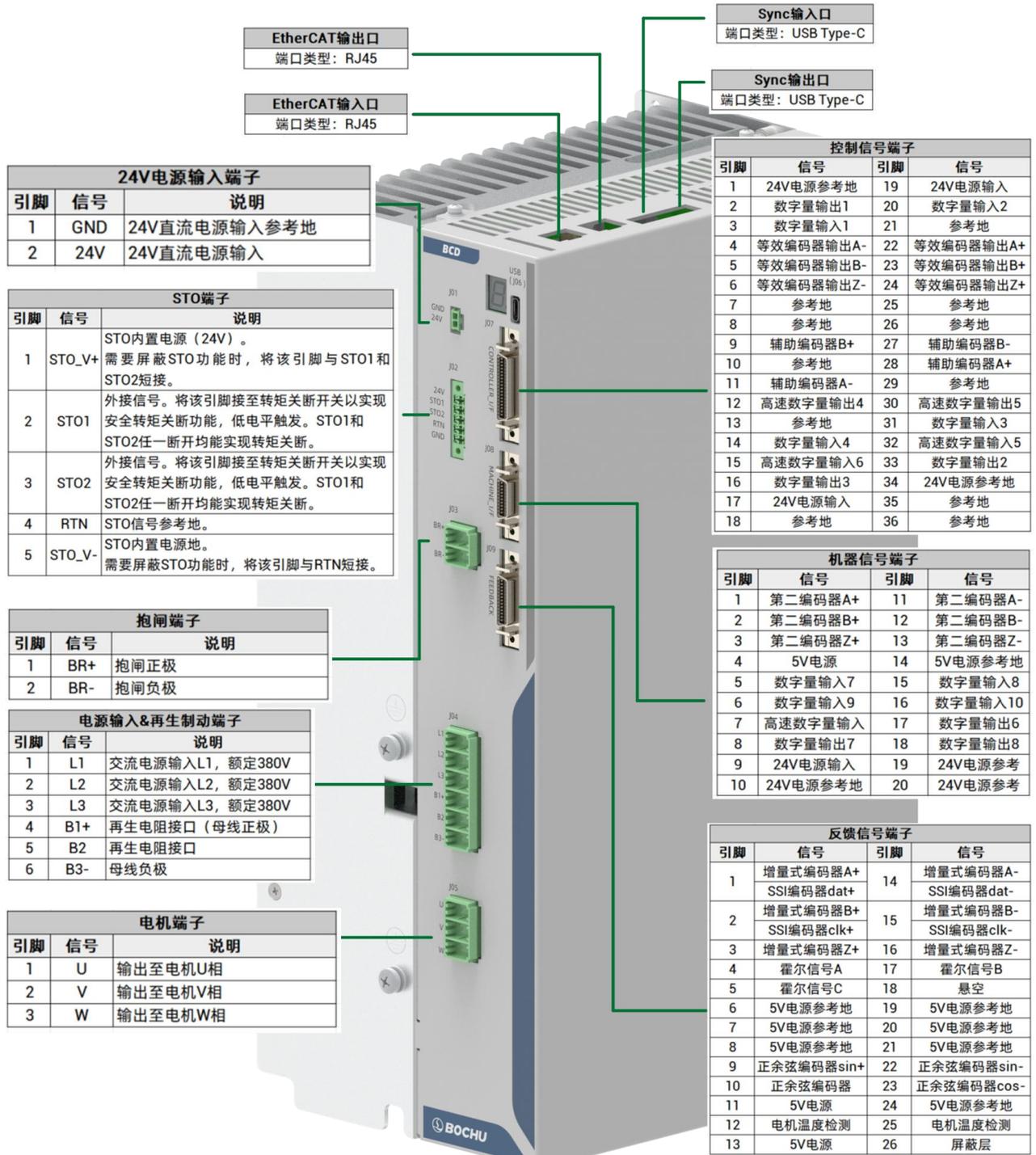


图 5-8 BCD125B 的接口定义

5.1.3 接线框图

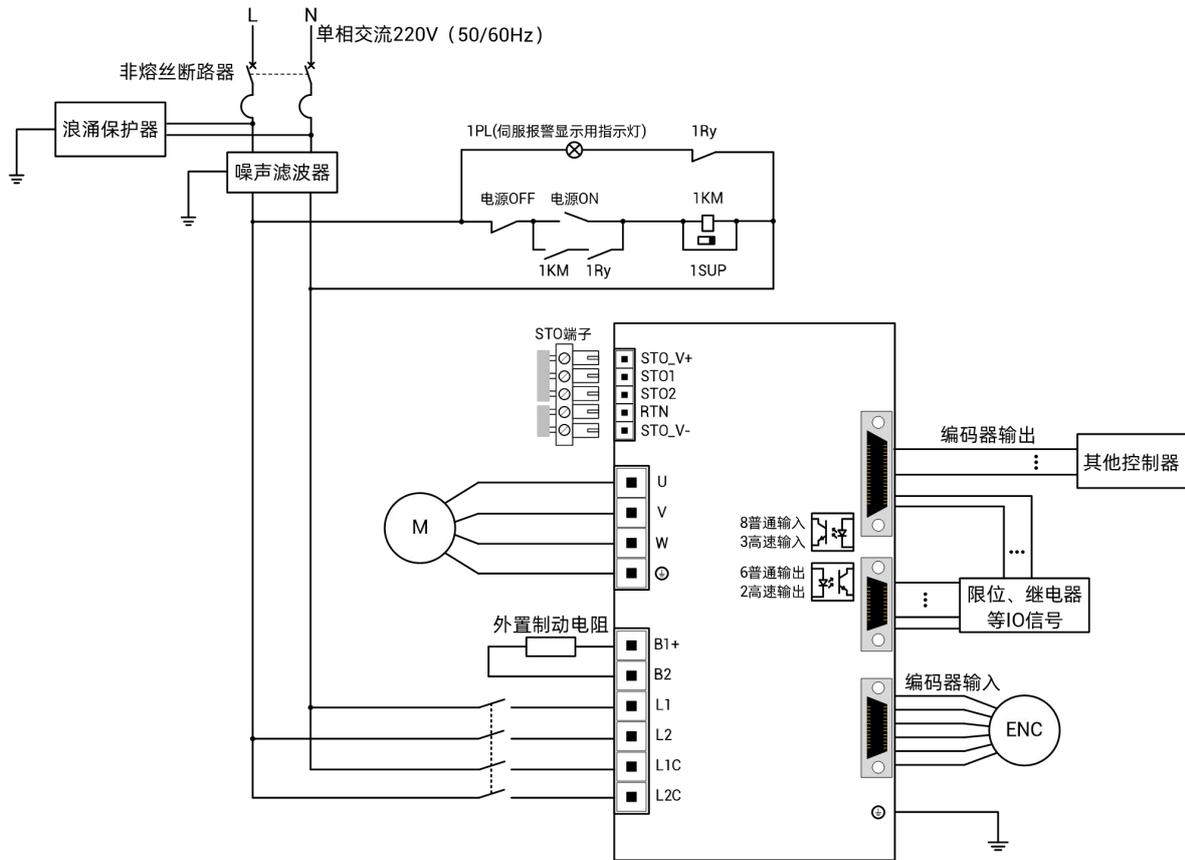


图 5-9 BCD105 接线框图

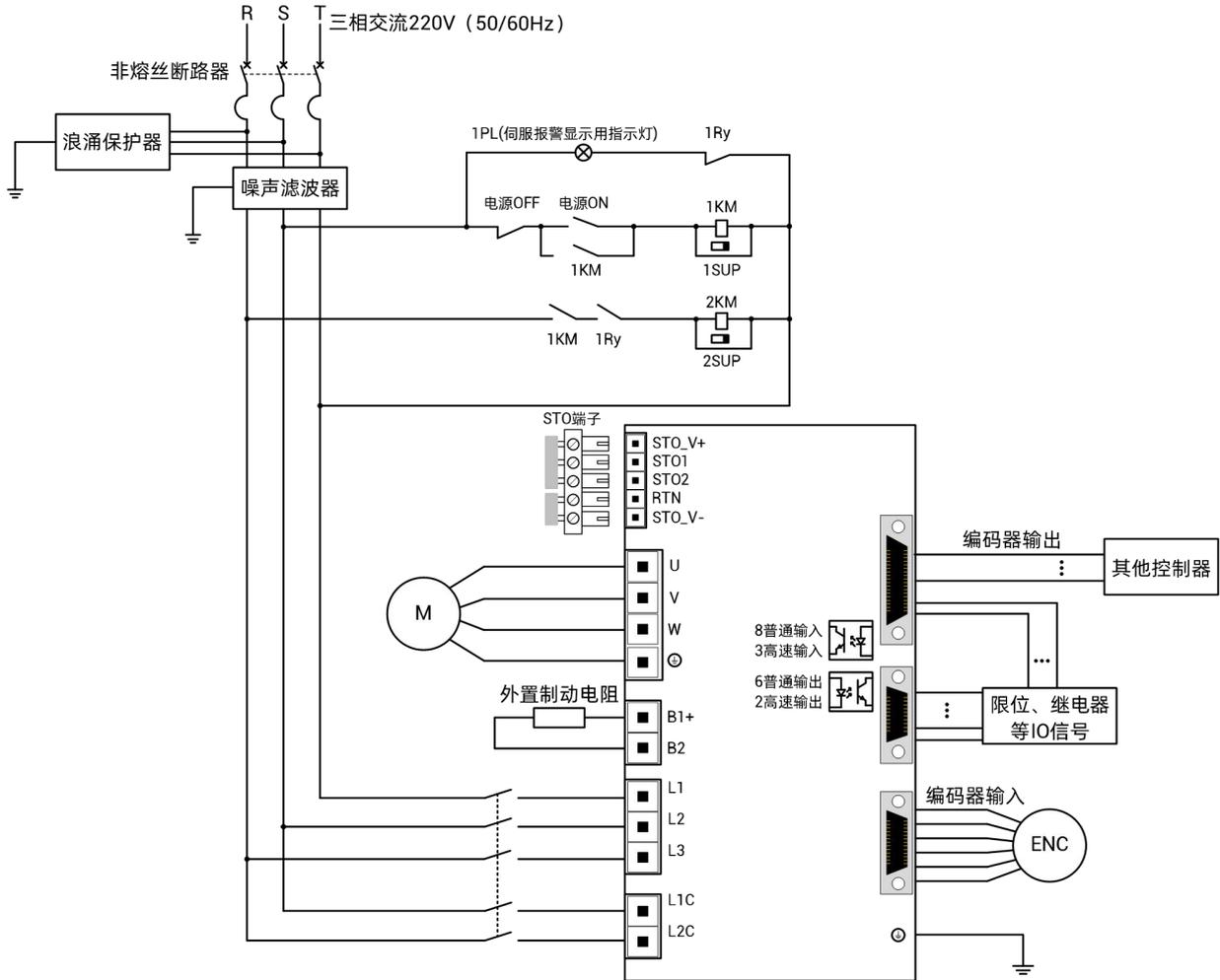


图 5-10 BCD108 接线框图

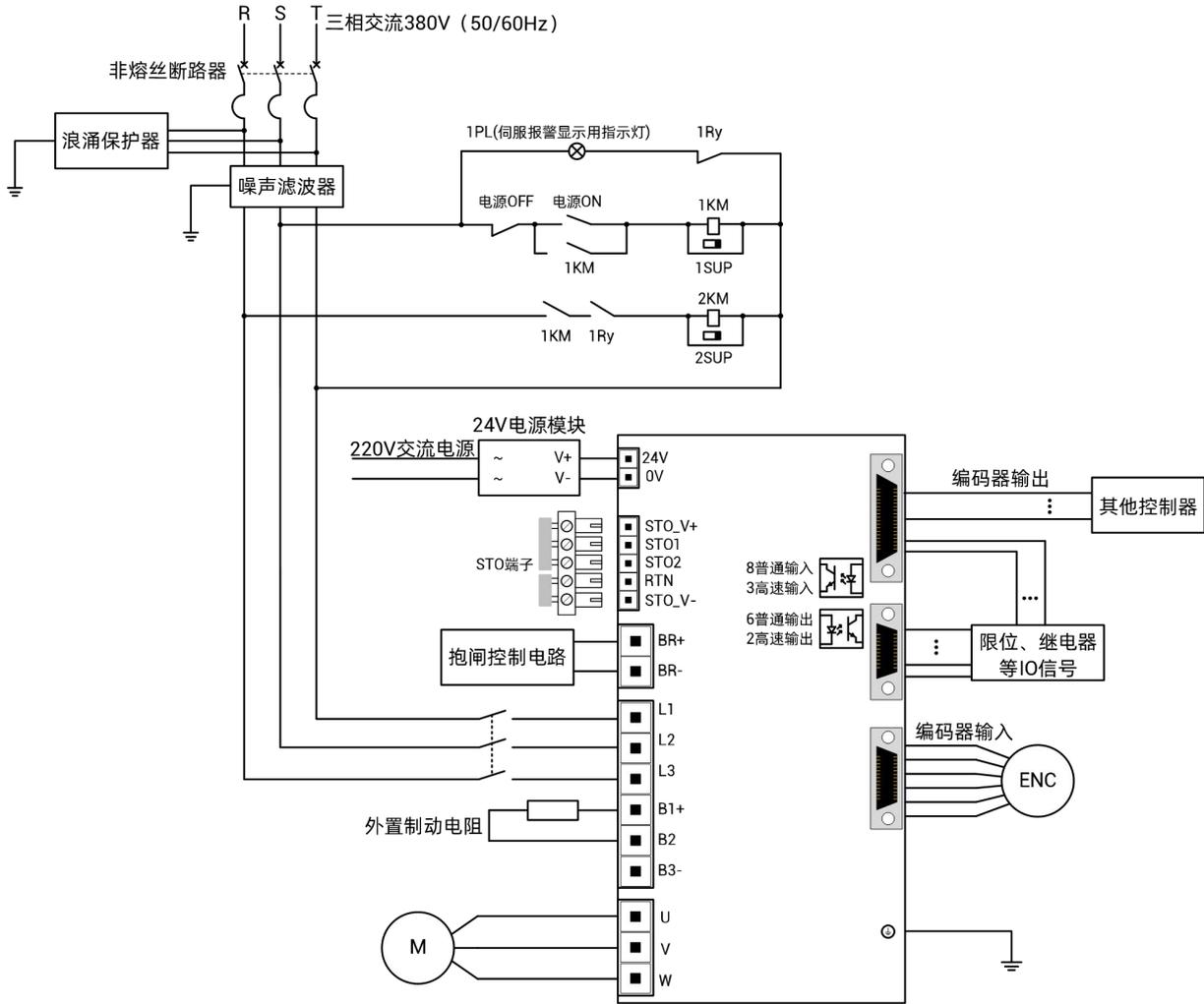


图 5-12 BCD125B 接线框图

5.1.4 搭配柏楚系统接线框图

BCD113 驱动器在 FSCUT7000S 系统中的接线框图如下：

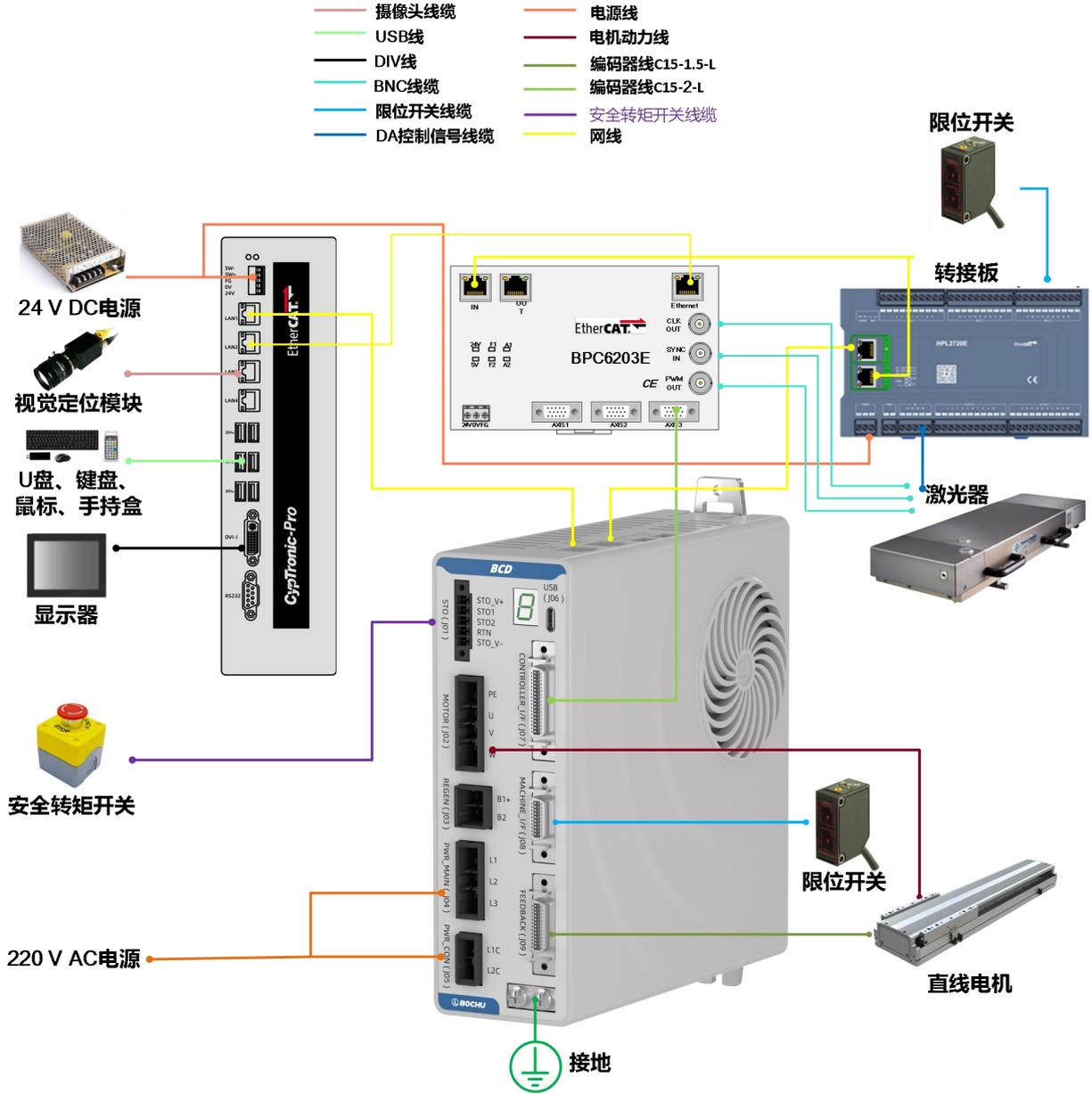


图 5-13 BCD113 驱动器配 7000S 系统的接线框图

说明： 由于 BCD105、BCD108 与 BCD113 结构近似，在搭配 7000S 系统时可直接参照 BCD113 的接线框图，因此不再单独给出图示。

BCD125B 驱动器在 FSCUT7000S 系统中的接线框图如下：

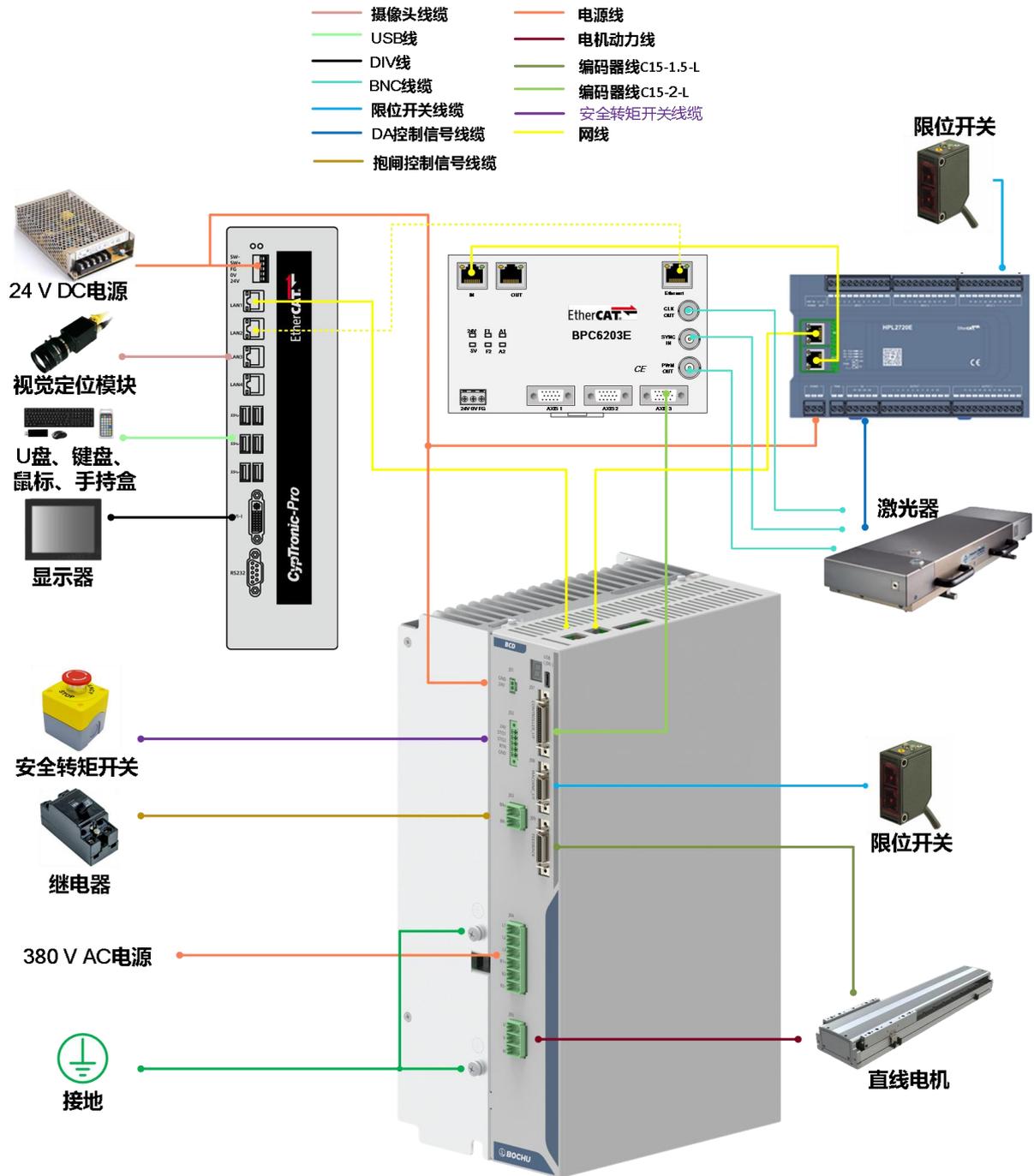


图 5-14 BCD125B 驱动器配 7000S 系统的接线框图

5.2 接口说明

5.2.1 EtherCAT 通讯接口

ECAT_IN 为 EtherCAT 输入接口，ECAT_OUT 为 EtherCAT 输出接口。

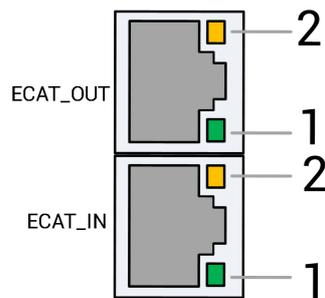


图 5-15 EtherCAT 通讯接口

下表为通讯接口连接状态说明。

表 5-1 通讯接口连接状态说明

标签	描述	LED 颜色	状态	描述
1: Link	EtherCAT 总线链路状态	绿色	熄灭	无连接
			常亮	100 Mbps 连接
2: Status	EtherCAT 总线通讯状态	橙色	常亮	无通讯
			闪烁	通讯中

!说明：必须使用我司标配网线连接至 EtherCAT 主站或从站。

5.2.2 单轴双驱通讯接口

单轴双驱通讯接口为标准 USB-Type C 接口, SYNC_IN 为输入接口, SYNC_OUT 为输出接口。

BCD 单轴驱动器可以通过多机同步 LVDS 通讯进行 2 台驱动器的互联, 实现 2 个轴的同时运行。接口定义如下:

表 5-2 单轴双驱通讯接口说明

图示	接口	说明	备注
SYNC_IN SYNC_OUT 	SYNC_IN	单轴同步通讯输入	单轴双驱通讯连接线推荐使用我司提供线缆。
	SYNC_OUT	单轴同步通讯输出	

单轴双驱功能适用于龙门双驱的场景。接线示意图如下, 驱动器 A 的 SYNC_IN 接口连接至驱动器 B 的 SYNC_OUT 接口; 同理, 驱动器 B 的 SYNC_IN 接口连接至驱动器 A 的 SYNC_OUT 接口, 二者形成互联的闭环。

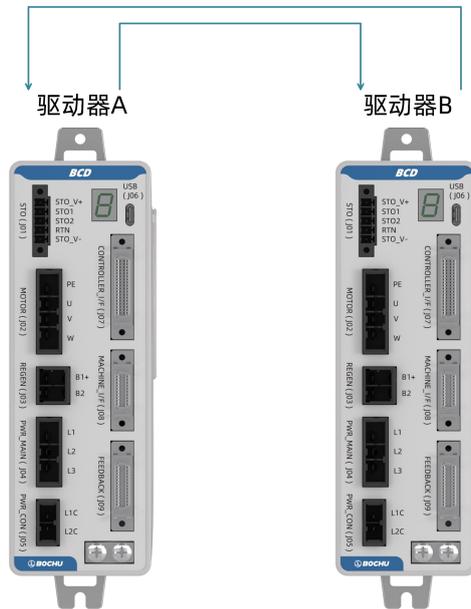


图 5-16 单轴双驱通讯接线图

5.2.3 STO 接口

STO 接口用于支持驱动器的安全转矩关断功能。

不同型号的 STO 接口外观及丝印不同，见下表说明：

表 5-3 单轴系列驱动器 STO 接口外观及丝印

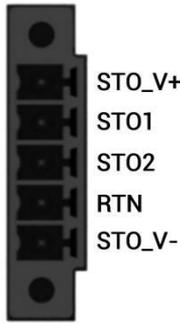
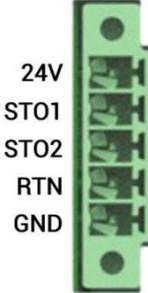
型号	BCD105	BCD108	BCD113	BCD125B
图示	 <p>STO_V+ STO1 STO2 RTN STO_V-</p>			 <p>24V STO1 STO2 RTN GND</p>

表 5-4 STO 接口说明

序号	引脚	说明	
1	STO_V+ /24 V	STO 内置电源 (24 V)	无需外接电源。 仅当需要屏蔽 STO 功能时，将该引脚与 STO1 和 STO2 短接。
2	STO1	外接信号	将该引脚接至转矩关断开关以实现安全转矩关断功能，低电平触发。STO1 和 STO2 任一断开均能实现转矩关断。
3	STO2	外接信号	将该引脚接至转矩关断开关以实现安全转矩关断功能，低电平触发。STO1 和 STO2 任一断开均能实现转矩关断。
4	RTN	STO 信号参考地	/
5	STO_V- /GND	STO 电源地	需要屏蔽 STO 功能时，将该引脚与 RTN 短接。

⚠ 说明：

1. 产品出厂默认屏蔽 STO 功能，产品 STO 端子附赠短接片实现 STO 功能屏蔽。
2. 如需使用 STO 功能，请正常连接 STO1/STO2/RTN 以保证信号 STO 信号正常注入（电源及电源地不接）。

5.2.4 USB 通讯接口

USB 接口为标准的 USB-TypeC 接口，可与 PC 或笔记本的 USB-TypeA 接口直接相连。连接后，即可通过配套的调试软件 UltraServo 调试驱动器，具体参照[调试方法](#)。

⚠说明：BCD 驱动器的 USB 驱动器程序已打包至 UltraServo，安装 UltraServo 时将自动安装驱动器程序，无需单独安装。

5.2.5 功率电源接口

功率电源接口用于外接交流输入电源，该电源用于向驱动器提供主要功率，驱动电机运行。

➤ BCD105

BCD105 支持单相 220 V 输入。

⚠说明：BCD105 的功率电源接口、控制电源接口、再生电阻接口位于同一端子排，因此下表统一说明。

表 5-5 BCD105 接口

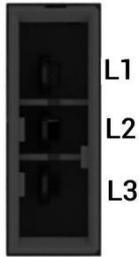
图示	序号	引脚	说明
 <p>B1+ B2 L1 L2 L1C L2C</p>	1	B1+	再生电阻接口（母线正极）
	2	B2	再生电阻接口
	3	L1	功率电源输入 L1，额定 220 V AC
	4	L2	功率电源输入 L2，额定 220 V AC
	5	L1C	控制电源输入 L1C，额定 220 V AC
	6	L2C	控制电源输入 L2C，额定 220 V AC

➤ BCD108 & BCD113

BCD108、BCD113 既支持单相 220 V 输入，也支持三相 220 V 输入。推荐采用三相 220 V 输入，可拥有更好的母线电压稳定性，有利于电机控制精度的提升。

采用单相 220 V 输入时，可从 L1/L2/L3 中任选两相接入火线 L 和零线 N。

表 5-6 BCD108 & BCD113 功率电源接口

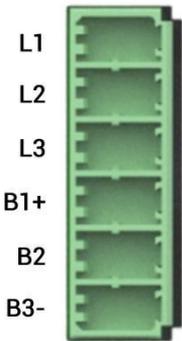
图示	序号	引脚	说明
	1	L1	功率电源输入 L1，额定 220 V AC
	2	L2	功率电源输入 L2，额定 220 V AC
	3	L3	功率电源输入 L3，额定 220 V AC

➤ BCD125B

BCD125B 支持三相 380 V 输入。

⚠说明：BCD125B 的功率电源接口、再生电阻接口位于同一端子排，因此下表统一说明。

表 5-7 BCD125B 接口

图示	序号	引脚	说明
	1	L1	交流电源输入 L1，额定 380 V
	2	L2	交流电源输入 L2，额定 380 V
	3	L3	交流电源输入 L3，额定 380 V
	4	B1+	再生电阻接口（母线正极）
	5	B2	再生电阻接口
	6	B3-	母线负极

⚠说明：

1. BCD125B 严格要求使用三相 380 V 输入，以保证母线电压的稳定性。
2. BCD125B 拥有内置再生电阻，在出厂时已默认连接至该端子。可根据实际工况决定是否需要使用，或者替换为外置再生电阻。

5.2.6 控制电源接口

➤ BCD105

见 [BCD105 功率电源接口](#)。

➤ BCD108 & BCD113

BCD108、BCD113 控制电源接口支持单相 220 V AC 电源，分别接入火线 L 和零线 N。

表 5-8 BCD108 & BCD113 控制电源接口

图示	序号	引脚	说明
 <p>L1C L2C</p>	1	L1C	控制电源输入 L1C，额定 220 V AC
	2	L2C	控制电源输入 L2C，额定 220 V AC

➤ BCD125B

BCD125B 控制电源接口支持 24 V DC 电源。

表 5-9 BCD125B 控制电源接口

图示	序号	引脚	说明
 <p>GND 24V</p>	1	GND	24 V 电源地
	2	24 V	24 V 电源

5.2.7 电机动力接口

电机动力接口用于连接电机的 U/V/W 相，为电机提供电压和电流，驱动电机运行。

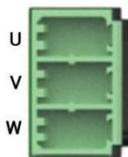
➤ BCD105 & BCD108 & BCD113

表 5-10 BCD105 & BCD108 & BCD113 电机动力接口

图示	序号	引脚	说明
	1	PE	屏蔽地，外壳地 需与大地可靠连接，地线尽量短而粗，对地电阻不大于 4 Ω
	2	U	输出至电机 U 相
	3	V	输出至电机 V 相
	4	W	输出至电机 W 相

➤ BCD125B

表 5-11 BCD125B 电机动力接口

图示	序号	引脚	说明
	1	U	输出至电机 U 相
	2	V	输出至电机 V 相
	3	W	输出至电机 W 相

5.2.8 控制信号接口

控制信号接口包含通用 I/O 信号、辅助编码器输入信号以及等效编码器输出信号，可用于各种自动化的应用。

表 5-12 控制信号端子说明

图示	引脚	信号	引脚	信号
	1	24 V 电源参考地	19	24 V 电源输入
	2	数字量输出 1	20	数字量输入 2
	3	数字量输入 1	21	参考地
	4	等效编码器输出 A-	22	等效编码器输出 A+
	5	等效编码器输出 B-	23	等效编码器输出 B+
	6	等效编码器输出 Z-	24	等效编码器输出 Z+
	7	参考地	25	参考地
	8	参考地	26	参考地
	9	辅助编码器 B+	27	辅助编码器 B-
	10	参考地	28	辅助编码器 A+
	11	辅助编码器 A-	29	参考地
	12	高速数字量输出 4	30	高速数字量输出 5
	13	参考地	31	数字量输入 3
	14	数字量输入 4	32	高速数字量输入 5
	15	高速数字量输入 6	33	数字量输出 2
	16	数字量输出 3	34	24 V 电源参考地
	17	24 V 电源输入	35	参考地
	18	参考地	36	参考地

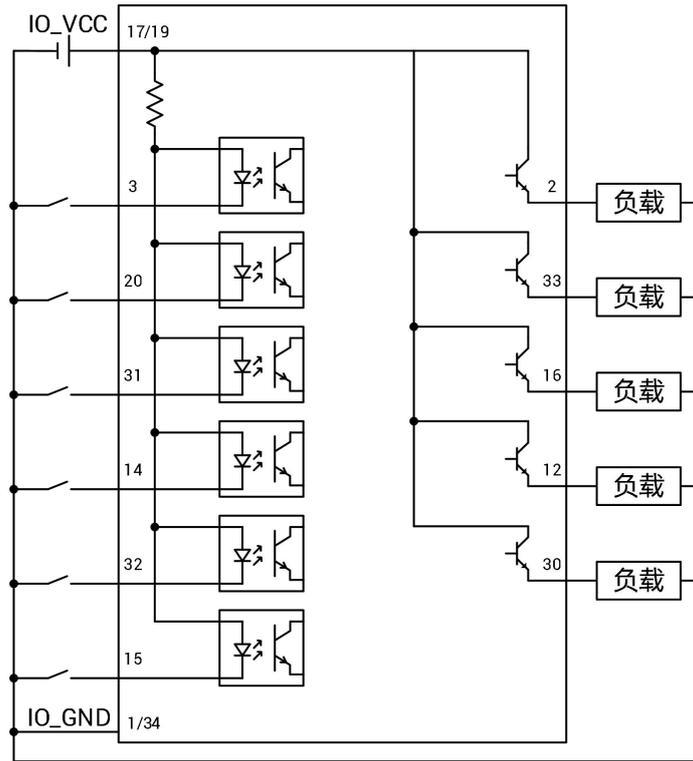
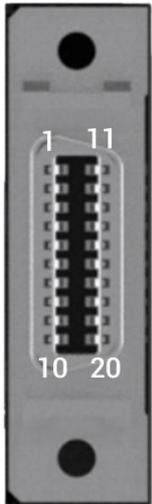


图 5-17 J07 的 I/O 口接线说明

5.2.9 机器信号接口

机器信号接口包含通用 I/O 信号及辅助编码器反馈信号，为控制系统提供全闭环等额外功能。

表 5-13 机器信号端子说明

图示	引脚	信号	引脚	信号
	1	辅助编码器 A+	11	辅助编码器 A-
	2	辅助编码器 B+	12	辅助编码器 B-
	3	辅助编码器 Z+	13	辅助编码器 Z-
	4	5V 电源	14	5V 电源参考地
	5	数字量输入 7	15	数字量输入 8
	6	数字量输入 9	16	数字量输入 10
	7	高速数字量输入 11	17	数字量输出 6
	8	数字量输出 7	18	数字量输出 8
	9	24 V 电源输入	19	24 V 电源参考地
	10	24 V 电源参考地	20	24 V 电源参考地

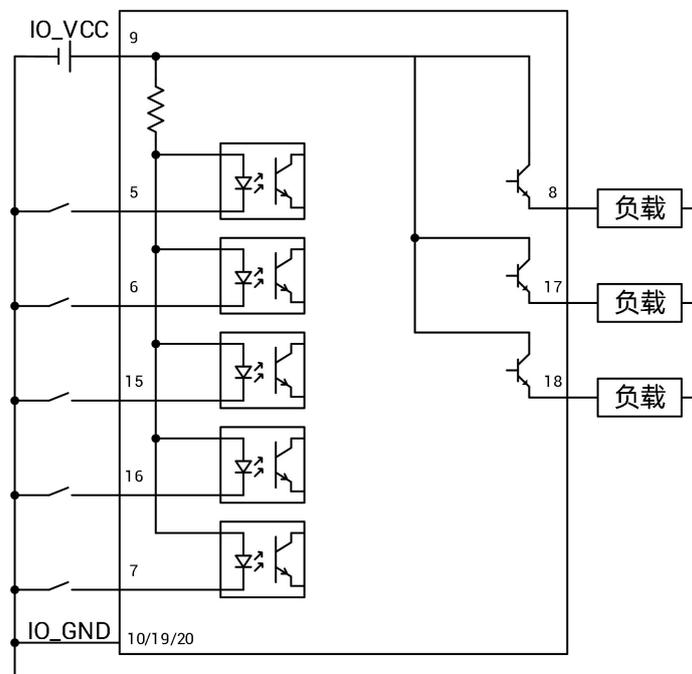
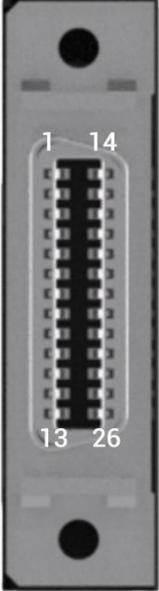


图 5-18 I/O 口接线说明

5.2.10 电机编码器反馈接口

电机侧的编码器输入信号接口用于接收来自电机的各种编码器信号或霍尔信号。

表 5-14 电机侧编码器输入信号端子说明

图示	引脚	信号	引脚	信号
	1	增量式编码器 A+	14	增量式编码器 A-
		SSI 编码器 data+		SSI 编码器 data-
	2	增量式编码器 B+	15	增量式编码器 B-
		SSI 编码器 clock+		SSI 编码器 clock-
	3	增量式编码器 Z+	16	增量式编码器 Z-
	4	霍尔信号 A	17	霍尔信号 B
	5	霍尔信号 C	18	悬空
	6	5 V 电源参考地	19	5 V 电源参考地
	7	5 V 电源参考地	20	5 V 电源参考地
	8	5 V 电源参考地	21	5 V 电源参考地
	9	正余弦编码器 sin+	22	正余弦编码器 sin-
	10	正余弦编码器 cos+	23	正余弦编码器 cos-
	11	5 V 电源	24	5 V 电源参考地
	12	电机温度检测	25	电机温度检测 (RTN)
13	5 V 电源	26	屏蔽层	

BCD 单轴系列驱动器支持多种类型的电机反馈信号，常见的反馈信号定义见下文。若您需要其他信息，或者您的电机反馈定义与以下任何一项不符，请联系柏楚技术支持。

➤ A/B/Z 增量式编码器

表 5-15 A/B/Z 增量式编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
11、13	-	电源 5 V
1	双绞线	增量式编码器 A+
14		增量式编码器 A-
2	双绞线	增量式编码器 B+
15		增量式编码器 B-
3	双绞线	增量式编码器 Z+
16		增量式编码器 Z-
6、7、8、19、20、21、24、25	-	电源地

➤ A/B/Z 增量式编码器带霍尔接线

表 5-16 A/B/Z 增量式编码器带霍尔接线

引脚编号	双绞线	信号说明
11、13	-	电源 5 V
1	双绞线	增量式编码器 A+
14		增量式编码器 A-
2	双绞线	增量式编码器 B+
15		增量式编码器 B-
3	双绞线	增量式编码器 Z+
16		增量式编码器 Z-
4	-	霍尔_A
17	-	霍尔_B
5	-	霍尔_C
6、7、8、19、20、21、24、25	-	电源地

> 多摩川 (Tamagawa) 绝对值编码器

表 5-17 多摩川 (Tamagawa) 绝对值编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
11、13	-	电源 5 V
1	双绞线	绝对值编码器 DATA+
14		绝对值编码器 DATA-
2	双绞线	绝对值编码器 CLK+
15		绝对值编码器 CLK-
6、7、8、19、20、21、24、25	-	电源地

> BISS-C 编码器

表 5-18 BISS-C 编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
11、13	-	电源 5 V
1	双绞线	绝对值编码器 DATA+
14		绝对值编码器 DATA-
2	双绞线	绝对值编码器 CLK+
15		绝对值编码器 CLK-
6、7、8、19、20、21、24、25	-	电源地

> HEIDENHAIN 编码器 (仅限 EnDat 2.x 通讯)

表 5-19 HEIDENHAIN 编码器 (仅限 EnDat 2.x 通讯)

引脚编号	双绞线	信号说明
11、13	-	电源 5 V
2	双绞线	绝对值编码器 DATA+
3		绝对值编码器 DATA-
4	双绞线	绝对值编码器 CLK+
5		绝对值编码器 CLK-
6、7、8、19、20、21、24、25	-	电源地

5.2.11 再生制动接口

再生制动接口用于外接再生制动电阻，用于泄放电机在急减速期间产生的能量，避免母线电压过高。

BCD105、BCD108、BCD113 当前仅支持使用外部再生电阻。BCD125B 既支持使用内部再生电阻，也支持使用外部再生电阻。

➤ BCD105

参照：[BCD105 功率电源接口](#)。

➤ BCD108 & BCD113

表 5-20 BCD108 & BCD113 再生制动接口

图示	序号	引脚	说明
	1	B1+	再生电阻接口（母线正极）
	2	B2	再生电阻接口

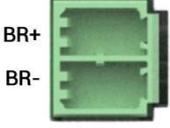
➤ BCD125B

参照：[BCD125B 功率电源接口](#)。

5.2.12 抱闸接口

BCD125B 设有抱闸接口，用于连接部分直线电机配备的抱闸线缆。在未使能状态下，负责竖直方向运动的电机可能由于自重/负载导致位移。通过该接口控制抱闸的开关，将电机抱紧，避免产生预期外的位移。

表 5-21 BCD125B 抱闸接口

图示	序号	引脚	说明
	1	BR+	抱闸正极
	2	BR-	抱闸负极

5.2.13 数码管、Charge 指示灯、接地螺丝

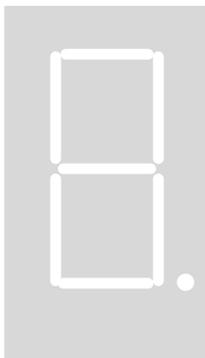


图 5-19 指示灯、数码管

➤ 数码管

BCD 单轴系列驱动器通过七段数码管来反映驱动器当前的使能状态和故障信息，具体显示遵循如下规则：

表 5-22 数码管状态说明

驱动器状态	显示		
正常	数字 8 常亮	/	/
异常	循环显示报警码	EXX (XX 为数字)	轴报警
		LXX	CPU 报警

⚠说明：异常情况下循环显示报警码，例如 E01 循环显示，若同时存在多个故障，则循环显示报警信息，例如 E01F01L03 循环显示，每个数（字母）显示时间 1 s。

数码管右下角的小数点位用于表示轴使能状态，亮起时表示轴处于上使能状态，熄灭时表示轴已下使能。

➤ 指示灯

BCD105 提供 Charge 指示灯（驱动器左下角红色指示灯），用于指示母线电容处于有电荷状态。指示灯亮时，即使主回路电源 OFF，伺服单元内部电容器可能仍存有电荷。因此，灯亮时请勿触摸电源端子，以免触电。

➤ 接地螺丝：用于驱动器接地。

5.3 主回路推荐线缆

主回路线缆要求使用以下几个种类。

表 5-23 推荐线缆种类表

符号	名称	导体允许温度 (°C)
PVC	一般的 PVC 缆	/
IV	600 V 聚氯乙烯绝缘线缆	60
HIV	600 V 二型聚氯乙烯绝缘线缆	75

线缆直径与允许电流之间的关系，参考下表中的值。在使用线缆时不应超过表格中对应的电流数值。

表 5-24 600 V 二型聚氯乙烯绝缘电线的参考值 (A)

AWG	mm ²	不同环境温度下的允许电流 (A)		
		30°C	40°C	50°C
20	0.519	8	7	6
19	0.653	9	8	7
18	0.823	13	11	9
16	1.25	18	15	12
14	2.08	26	23	20
12	3.31	32	28	26
10	5.26	48	43	38
8	8.37	70	65	55
6	13.3	95	85	75

5.4 主回路接线规范

5.4.1 主回路接线规范

- 电机主回路线缆严格按照电流需求选取线径，按照接线规范设置线序，如有需要可以外加磁环以降低外部干扰以及 EMI，线缆长度不能超过 20 m。
- 为了防止发生伺服系统和外界的混触事故，请安装断路器或保险丝。
- 为了更加安全地使用直驱驱动器，要安装过载、短路保护兼用的漏电保护器。
- 请勿频繁 ON/OFF 电源，频繁 ON/OFF 电源会导致驱动器内部元器件的老化，请勿将驱动器用在频繁 ON/OFF 电源的场合。
- 机床负载较重，运行速率较高或者高加减速场景情况下，建议外接再生电阻，详情见[再生电阻 REG 接线](#)。

5.4.2 电源（动力）接线规范

- 强电

电源线根据功率大小选取合适的线径，附表为线缆直径、功率对照表：

表 5-25 线缆直径、功率对照表

电线、电缆规格 (mm ²)	线缆截面 (mm ²)	25°C铜线 载流量 (A)	单相 220 V 负载功率 (W)	三相 380 V 负载功率 (W)
1.5	1.38	15	3300	9476.8
2.5	1.78	25	5500	13163.2
4	2.25	32	7040	16848.8
6	2.85	45	9900	23693.6
10	7 × 1.35	60	13200	31591.2
16	7 × 1.7	80	17600	42121.6
25	7 × 2.14	110	24200	57917.6

- 强电加短路保护器、滤波器等辅助器件。
- 强弱电严格分离。

➤ 弱电

- 电源正负极接线颜色区分，例如：红色的线接正极，蓝色的线接负极。
- 干扰比较大的负载（如伺服、电磁阀）与控制器分开供电。

5.4.3 信号（控制）接线规范

- 信号线接线颜色：如黑色。
- 信号线根据功率大小选用匹配的线材。
- 推荐使用 24 V DC 电磁阀。电磁阀两端加吸收电路，即在电磁阀两端并联一个续流二极管（注意方向、耐流值、耐压值），如下图所示：

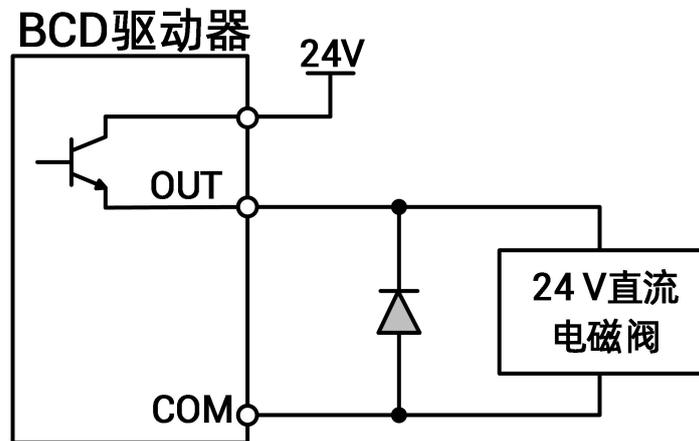


图 5-20 电磁阀两端加吸收电路图示

- 推荐数字量信号（PWM）屏蔽层采用双端接地，模拟量信号（DA）屏蔽层单端接地。单端接地能够避免屏蔽层上的低频电流噪声；双端接地可有效消除高频干扰，若传输线缆很长，建议多点接地，保证屏蔽层等电位。
- 放大器连接的切割头到机床外壳阻值不大于 $1\ \Omega$ ，到电气柜接地点阻值不大于 $6\ \Omega$ 。
- 编码器输入及编码器输出线缆要使用双股绞合线或者多芯双股绞合屏蔽线，线缆长度不能超过 20 m。
- I/O 信号线缆使用多芯双股绞合屏蔽线，同时确保双端接地，线缆长度不能超过 3 m。

5.4.4 地线接线规范

- 地线采用标准黄绿双色线。
- 接地线缆要使用粗线（ 2.0 mm^2 以上）。
- 220 V 电源供电的直驱驱动器，接地端子的接地电阻要在 100Ω 以下。
- 激光切割机床里有一些高频率的信号（PWM、脉冲、编码器、电容信号等），建议采用多点接地。
- 机床用镀锌接地螺钉，并用专门的接地线接地。接地的金属主体与主接地点之间的电阻不能大于 0.1Ω 。

5.5 电气柜接线规范

- 每根线材标识、标记清晰准确。
- 线与线之间平行排列，不准交叉，线束、线管的布置要平直。
- 选用柏楚配线时，根据布局空间选用适当型号的线材，禁止堆积盘旋。
- 所有接线必须牢靠，不能松动，防止产生打火现象。
- 布线避免形成环路，防止天线效应。由信号源---传输线---负载组成的电流环路，相当于磁场天线。如下图所示，左边是错误的接法，右边是正确的接法。

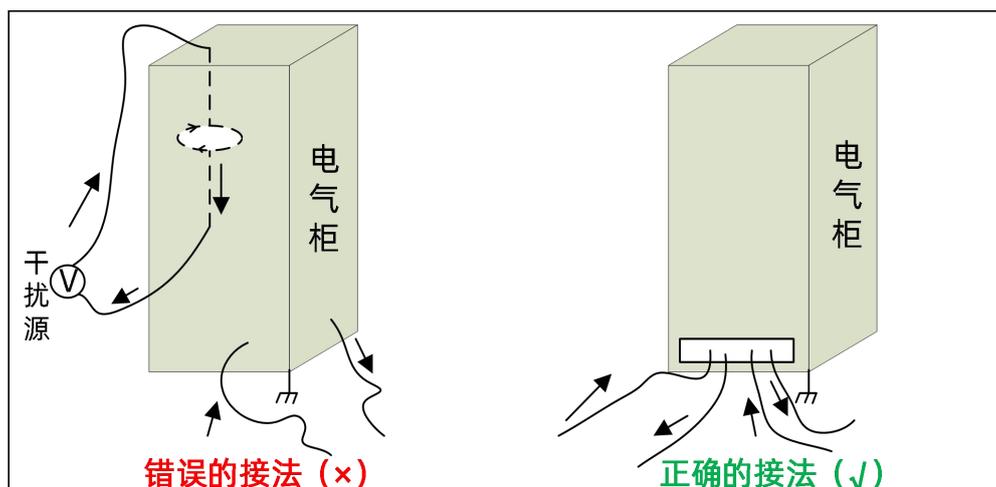


图 5-21 布线避免形成环路

推荐接线采用星形连接，如下图所示，不推荐使用串行连接。

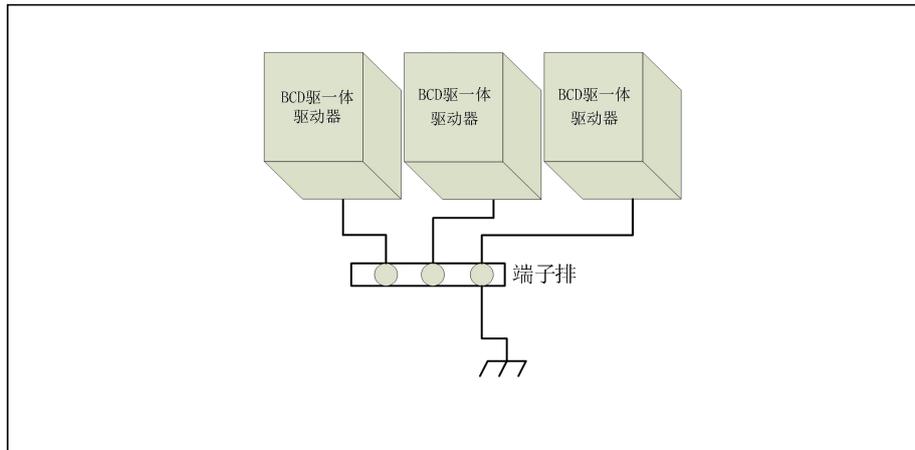


图 5-22 星形连接接线图

5.6 抗噪音干扰方法

5.6.1 噪音及其处理办法

直驱驱动器主回路有使用高速开关元器件，其运行过程中可能产生电磁噪声。若外围接线及接地处理不当，该噪声可能对外围设备造成干扰。

作为工业设备，本伺服单元内置有微处理器，可能会受到其外围设备的噪音干扰。

➤ 为避免直驱驱动器与外围设备间的相互噪音干扰，可采取下述抗噪音干扰处理方法：

- 指令输入设备及噪音滤波器请安装在直驱驱动器附近。
- 继电器、电磁接触器的线圈连接浪涌保护器。
- 禁止将主回路线缆与 I/O 信号线缆/编码器线缆放置于同一套管内或捆绑在一起。
- 主回路线缆与 I/O 信号线缆/编码器线缆保持 30 cm 以上的距离。
- 禁止与焊机、电火花加工机等设备使用同一电源供电。使用不同电源供电，但旁边有高频设备时，也需要在主回路电源线缆和控制电源线缆的输入侧安装噪音滤波器。
- 请进行合理的接地。

➤ 噪音滤波器的安装

噪音滤波器安装在合适的地方，可以避免噪音对直驱驱动器造成不良影响。

噪音处理办法示例如下：

- 噪音滤波器应当安装在产品 AC 输入之前，保证滤波器接地与产品接地连接稳固，建议使用 2.0 mm^2 以上的粗线。
- 为防止产品受系统中其他用电设备影响，建议滤波器后单独给产品供入驱动电源，单独的断路器或者空气开关应当设置在噪音滤波器之后。
- 保证产品控制电源输入与强电驱动电源输入隔离，若使用开关电源进行控制端供电，建议从噪音滤波器之后取电，同时保证电源接地良好。

➤ 适当的接地处理

为了防止因噪音引起的误动作，下面对接地处理方法进行说明。

■ 电机框架的接地

当伺服电机通过机械接地时，直驱驱动器主回路的开关干扰电流会通过伺服电机的寄生电容流出。为了防止发生此类现象，需要将驱动对象的电机框架端子（FG）和驱动器的接地端子 \oplus 进行连接。同时由于 BCD 单轴系列驱动器内部将 FG（钣金外壳）与电机动力段接地端子 \oplus 连接，驱动器外壳必须接地。

■ 输入输出信号用线缆中出现噪音

当输入输出信号用线缆中出现噪音等情况时，可以把输入输出信号用线缆的 0 V 线（GND）实施单点接地。当伺服电机主回路线缆套有金属套管时，必须将金属套管及接地盒实施单点接地。

5.6.2 连接噪音滤波器的注意事项

噪音滤波器的安装、接线请遵守以下注意事项。

输入接线与输出接线要分开。输入、输出接线不能在同一套管内使用，也不能将其捆绑在一起。

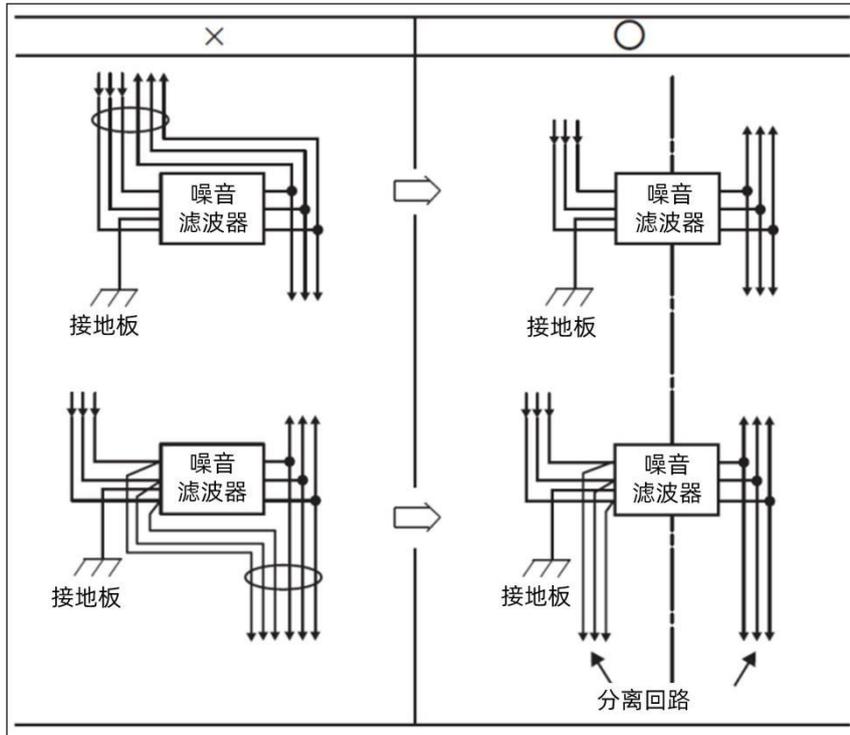


图 5-23 噪音滤波器输入接线与输出接线示意图

噪音滤波器的接地线与输出接线要分开。接地线与噪音滤波器的输出接线以及其他信号线不能放置在同一套管内，也不要将其捆绑在一起。

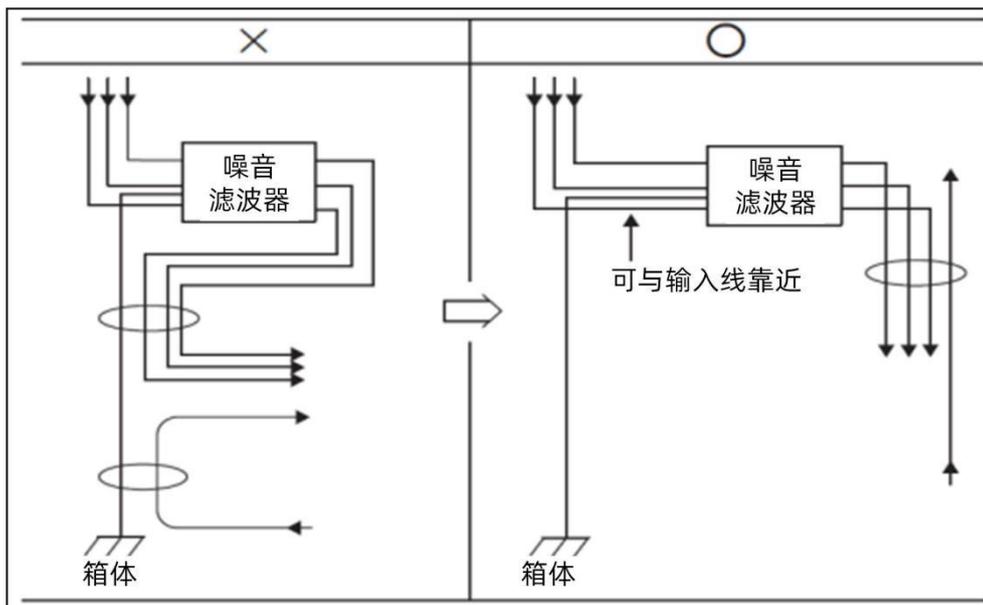


图 5-24 噪音滤波器接地线与输出接线示意图

噪音滤波器的接地线要单独连接地排。

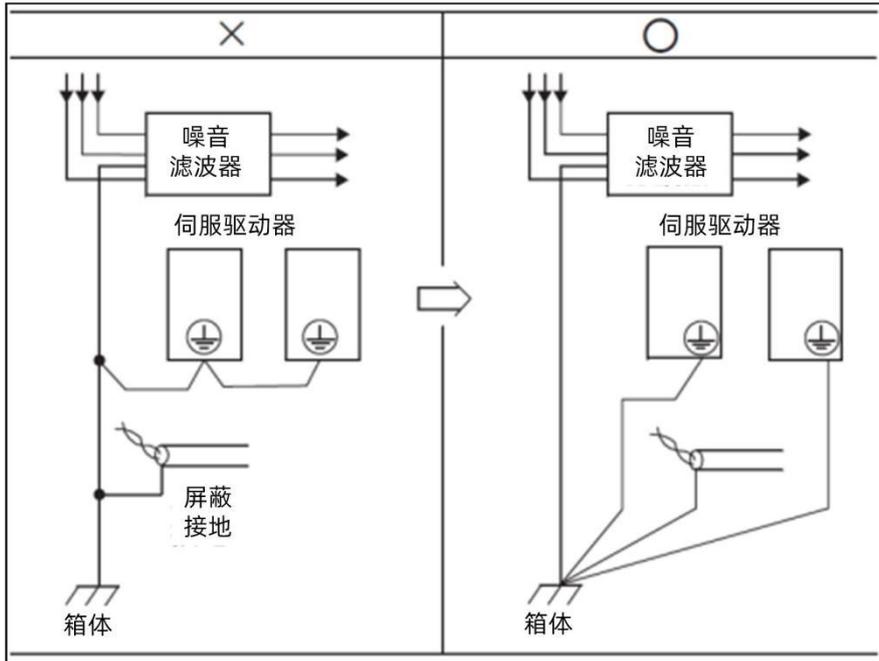


图 5-25 噪音滤波器接地线示意图

电柜里面有噪音滤波器时，噪音滤波器的接地线和控制柜内其他设备的接地线单独连接到地排，连接到地排后，统一再接地。

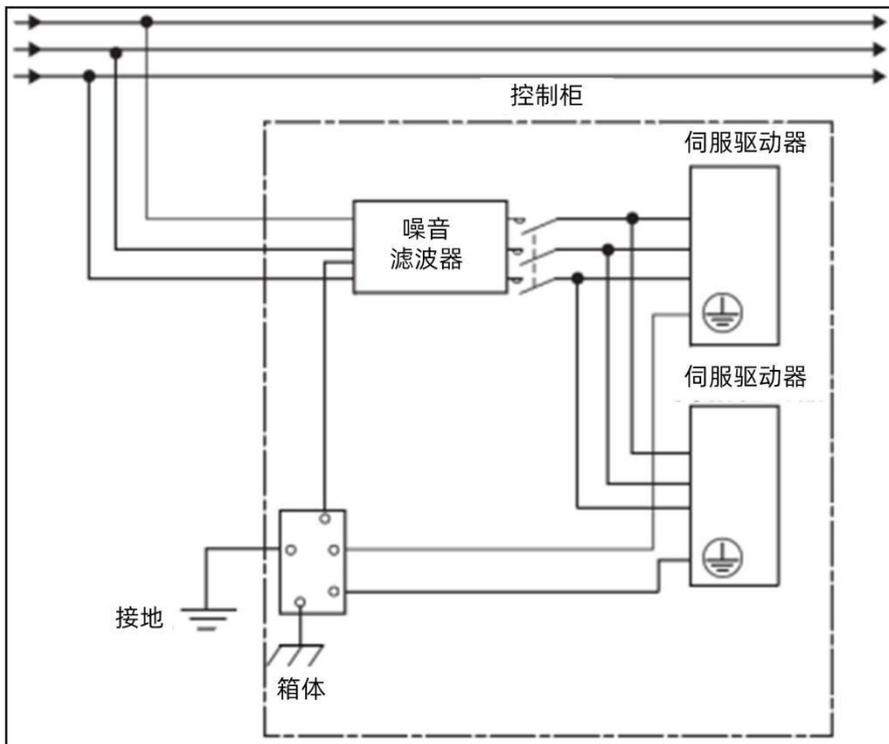


图 5-26 噪音滤波器接地线和控制柜内其他设备接线示意图

第 6 章 驱动器报警及解决方案

6.1 报警和故障代码

驱动器报警和故障代码通过数码管显示，显示规则参照：[数码管](#)、[Charge 指示灯](#)、[接地螺丝](#)。

下表为驱动器报警和故障代码以及出现问题后建议采取的行动说明。

表 6-1 驱动器报警和故障代码表 1

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E01	一级过流故障	硬件检测到过流	(1) 过流报警参数设置不合理 检查过流报警设置是否与电机参数适配 (2) 电机线缆接触不良 检查电机动力线缆与驱动器的 UVW 接口连接是否稳固，紧固接口 (3) 电机线缆接地 确保线缆连接稳固后，测量 UVW 与 PE 之间的绝缘电阻是否为兆欧级数值，有问题则更换电机或线缆 (4) 电机 UVW 线缆短路 将电机线缆拆下后，检查线缆是否有短路问题，有问题则更换线缆 (5) 电机烧坏 将电机线缆拆下后，检测电机 UVW 相间电阻是否符合电机手册，差异较大则更换电机 (6) 增益参数设置不合理，电机振荡 检查电机启动及运行过程中是否有啸叫，如有重新调整参数 (7) 驱动器故障 重启后若问题仍存在，则更换驱动器
E02	二级过流故障	硬件检测到严重过流	同 E01 排查方案

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E03	过压故障	母线电压过高	(1) 主回路输入电压过高 检查输入电压是否符合标准，确保电源稳定 (2) 制动电阻失效 ① 确定连接再生电阻的端子是否可靠连接 ② 测量再生电阻的阻值是否异常，如测量结果为无穷大、短路，或者其他不正确的阻值，考虑更换再生电阻后重新测试 (3) 电机运行于急加减速状态，制动能量超出可吸收值 测量加减速阶段母线电压，若确实超过故障值，适当降低加减速速度 (4) 驱动器故障 重启后若问题仍存在，则更换驱动器
E04	欠压故障	母线电压过低	(1) 交流电电源不稳或者掉电 检查输入电压是否符合标准，确保电源稳定 (2) 交流电源供电线缆接触不好 检测线缆的连通，重新接线或更换线缆
E05	堵转故障	电机实际速度较低，但转矩指令达到限定值	(1) 驱动器 UVW 输出断线或编码器断线 检查接线或更换线缆 (2) 因机械因素导致电机堵转 排查机械因素
E06	高压故障	母线电压严重过高	同 E03 排查方案
E07	功率电路故障	轴 x 功率模块报错	(1) 检查是否同步有 E04 欠压报警或 E12 过温报警 若有报警，参考 E04 及 E12 解决方案解决 (2) 电机负载过大 检查电机负载及加减速参数是否不合理，导致驱动器负载过大可考虑适当降低加/减速度

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E08	步进寻相失败	进行步进寻相未成功	<p>(1) 参数配置异常 检查电机参数及编码器参数配置, 若配置异常, 会导致寻相失败, 应按照电机及编码器厂家给定参数设定</p> <p>(2) 动力线接线异常 检查寻相过程中电机是否有动作, 如无动作或者动作较小, 检查电机动力线是否正常, 若不正常, 重新进行动力线接线</p> <p>(3) 编码器接线异常 检查编码器线接线是否正确, 可用调试软件 UltraServo 辅助排查, 手推电机固定距离, 检测编码器反馈是否符合预期, 若不正常, 检查编码器接线</p> <p>(4) 转子位置不合理 检查电机定子位置是否在边缘, 若在边缘, 则移动到电机中间进行寻相操作</p> <p>(5) 寻相电流设置偏小 检测寻相电流参数设置是否合理, 可以适当提高直到电机额定电流</p>
E09	CLA 故障	CPU 过载	重启后若问题仍存在, 联系技术人员
E10	霍尔整定失败	霍尔整定失败	<p>(1) 霍尔整定流程不规范 检查寻相模式, 应为步进寻相, 需要在步进寻相模式下进行霍尔整定</p> <p>(2) 霍尔信号异常 检查电机霍尔信号接线是否正常, 测量霍尔信号是否正常</p> <p>(3) 寻相电流配置偏小 检查寻相参数配置, 将寻相电流改大至电机额定电流</p>

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E11	霍尔寻相失败	霍尔寻相失败	(1) 寻相模式配置不对 检查寻相模式，应为霍尔寻相模式，且进行过霍尔整定，并保存参数 (2) 霍尔信号异常 检查电机霍尔信号接线是否正常，测量霍尔信号是否正常
E12	功率过温故障	驱动器功率模块温度高于过温保护点	(1) 环境温度过高 检查环境温度，若环境温度过高，改善驱动器冷却条件，降低环境温度 (2) 风扇不转 检查风扇工作是否正常，若风扇异常，更换直驱驱动器 (3) 伺服安装不合理 检查伺服安装方向，与其他驱动器的间隔是否合理，按照伺服要求的安装标准进行安装 (4) 直驱驱动器故障 断电 5 分钟后重启依然报故障，则更换直驱驱动器
E13	U 相过流故障	驱动器 U 相电流过大	(1) 过流报警参数设置不合理 检查过流报警设置是否与电机参数适配 (2) 电机线缆接触不良 检查电机动力线缆与驱动器的 U 接口连接是否稳固，紧固接口 (3) 电机线缆接地 确保线缆连接稳固后，测量 U 与 PE 之间的绝缘电阻是否为兆欧级数值，有问题则更换电机或线缆 (4) 电机烧坏 将电机线缆拆下后，检测电机 UVW 相间电阻是否符合电机手册，差异较大则更换电机 (5) 增益参数设置不合理，电机振荡 检查电机启动及运行过程中是否有啸叫，如有重新调整参数 (6) 驱动器故障 重启后若问题仍存在，则更换驱动器

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E14	位置误差过大	驱动器位置反馈与位置指令之间偏差超过阈值	<p>(1) 位置指令不合理 运行时使用 UltraServo 调试软件监控位置指令参数, 是否存在指令不合理处 (异常的尖峰或者阶跃突变)</p> <p>(2) 位置误差过大参数设置不合理 检查位置误差过大报警阈值是否与电机参数适配</p> <p>(3) PID 参数设置 (调试) 不合理 重新调试驱动器控制参数, 并适当调整自整定激进度或者手动调试 PID 参数</p> <p>(4) 轴运动受阻</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 检查是否运动到行程末端 ● 检查是否负载过大且驱动器内部电流环限幅 ● 检查编码器线是否正常稳固连接 ● 检查电机动力线是否稳固连接 <p>(5) 编码器输入异常</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 检查编码器输入信号, 使用万用表测量电机编码器端子是否符合编码器手册, 观察读数头状态等是否存在异常位置变换的情况 ● 使用 UltraServo 调试软件监控位置与速度参数, 平滑推动动子观察波形是否出现不连续不平滑处 <p>(6) 电机烧坏 将电机线缆拆下后, 检测电机 UVW 相间电阻是否符合电机手册, 差异较大则更换电机</p> <p>(7) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器</p>

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E15	速度误差过大	驱动器速度反馈与速度指令之间的偏差超过阈值	<p>(1) 速度指令不合理 运行时使用 UltraServo 调试软件监控速度指令与位置指令参数，是否存在指令不合理处（阶跃突变）</p> <p>(2) 速度误差过大参数设置不合理 检查速度误差过大报警阈值是否与电机参数适配</p> <p>(3) PID 参数设置（调试）不合理 重新调试驱动器控制参数，并适当调整自整定激进度或者手动调试 PID 参数</p> <p>(4) 轴运动受阻</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 检查是否运动到行程末端 ● 检查是否负载过大且驱动器内部电流环限幅 ● 检查编码器线是否正常稳固连接 ● 检查电机动力线是否稳固连接 <p>(5) 编码器输入异常</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 检查编码器输入信号，使用万用表测量电机编码器端子是否符合编码器手册，观察读数头状态等是否存在异常位置变换的情况 ● 使用 UltraServo 调试软件监控位置与速度参数，平滑推动动子观察波形是否出现不连续不平滑处 <p>(6) 电机烧坏 将电机线缆拆下后，检测电机 UVW 相间电阻是否符合电机手册，差异较大则更换电机</p> <p>(7) 驱动器故障 重启后若问题仍存在，则更换驱动器</p>
E16	飞车报警	驱动器指令和反馈运动方向相反	<p>(1) 电机动力端子线接反 检查电机动力端子中 UVW 三相线是否连接正常，与驱动器寻相时接线是否一致</p> <p>(2) 拔插过编码器输入端子但没有寻相 清除报警后重新寻相，再次运行</p> <p>(3) 驱动器故障 重启后若问题仍存在，则更换驱动器</p>

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E17	双驱扭轴报警	驱动器双驱模式下双驱位置间隔超过阈值	(1) 双驱位置间隔阈值设置不合理 根据电机参数及使用场景设置合适的双驱位置间隔阈值 (2) 机床精度无法达到需求 ● 检查机械上双驱轴的平行度 ● 检查双驱轴编码器光栅尺装贴平行度 (3) PID 参数设置 (调试) 不合理 重新调试驱动器控制参数, 并适当调整自整定激进度或者手动调试 PID 参数 (4) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E18	电机温度报警	采样电机温度高于设置的温度阈值	(1) 电机温度参数设置异常 (2) 电机温度信号未接或者断线 (3) 电机温度过高 (4) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E19	编码器报警	协议类绝对值编码器通讯异常	(1) 绝对值编码器接线异常 ● 检查绝对值编码器读数头状态灯是否异常变化 ● 检查绝对值编码器接线牢固以及抗干扰 (2) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E20	绝对值编码器 CRC 报警	协议类绝对值编码器通讯出现 CRC 数据异常	(1) 绝对值编码器 CRC 数据异常 ● 检查绝对值编码器读数头状态灯是否异常变化 ● 检查绝对值编码器接线牢固以及抗干扰 (4) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E21	编码器掉线报警	ABZ/SINCOS 编码器连接异常	(1) ABZ/SINCOS 编码器接线异常 检查 ABZ/SINCOS 编码器读数头电平是否异常或未达标 (3) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E22	Z 相编码器掉线报警	Z 相编码器连接异常	(1) Z 编码器接线异常 (2) 针对明确没有 Z 相的编码器, 该报警可以在电机设置界面选择软件屏蔽 (3) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E23	编码器电源报警	编码器电源连接异常	(1) 编码器电源线接线异常 (2) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E24	制动报警	设置软限位功能后, ECAT 持续发送软限位以外的指令	(1) 确认是否需要使用软限位功能 (2) 明确软限位的区域是否满足行程要求 (3) 检查 ECAT 指令问题 (4) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器

6.2 内部故障

发生以下故障时，若重启无法解决，请联系我司技术人员。

表 6-2 内部故障码说明表

故障码	故障说明
L01	FPGA 握手失败
L02	FPGA 中断时序错误
L03	内部多核通信错误
L04	读取参数错误
L05	保存参数错误
L06	升级固件错误
L07	单轴交互异常
L08	双驱同步异常
L09	ECAT 指令插补缓存空
L10	ECAT 指令插补缓存满
L11	FSI 连接断开
L12	FSI 从站异常

第 7 章 软件简介

7.1 安装

本软件的安装包可联系柏楚市场人员获取。

第 1 步 运行安装包（建议以管理员权限运行该安装文件）。



图 7-1 安装包示意图

第 2 步 点击【下一步】开始安装。



图 7-2 点击下一步

第 3 步 阅读许可证协议后，点击【我接受】进入下一步。

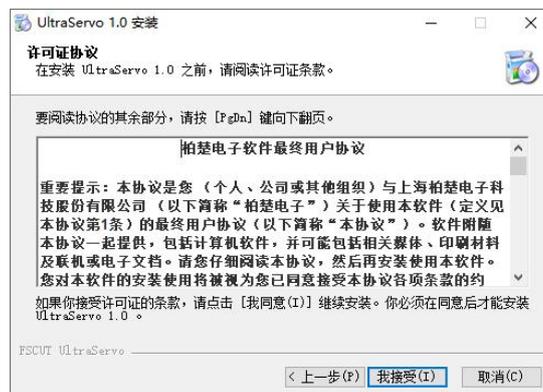


图 7-3 点击我接受

第 4 步 选择所需要的组件，第一次安装软件时建议全部勾选，若电脑操作系统版本较低也建议全部勾选，点击【下一步】。



图 7-4 点击下一步

第 5 步 选择安装位置，建议安装在默认路径，点击【安装】。



图 7-5 点击安装

第 6 步 等待之后，弹出驱动安装窗口，选择【始终安装此驱动程序软件】，安装调试驱动器所需的 USB 驱动程序。



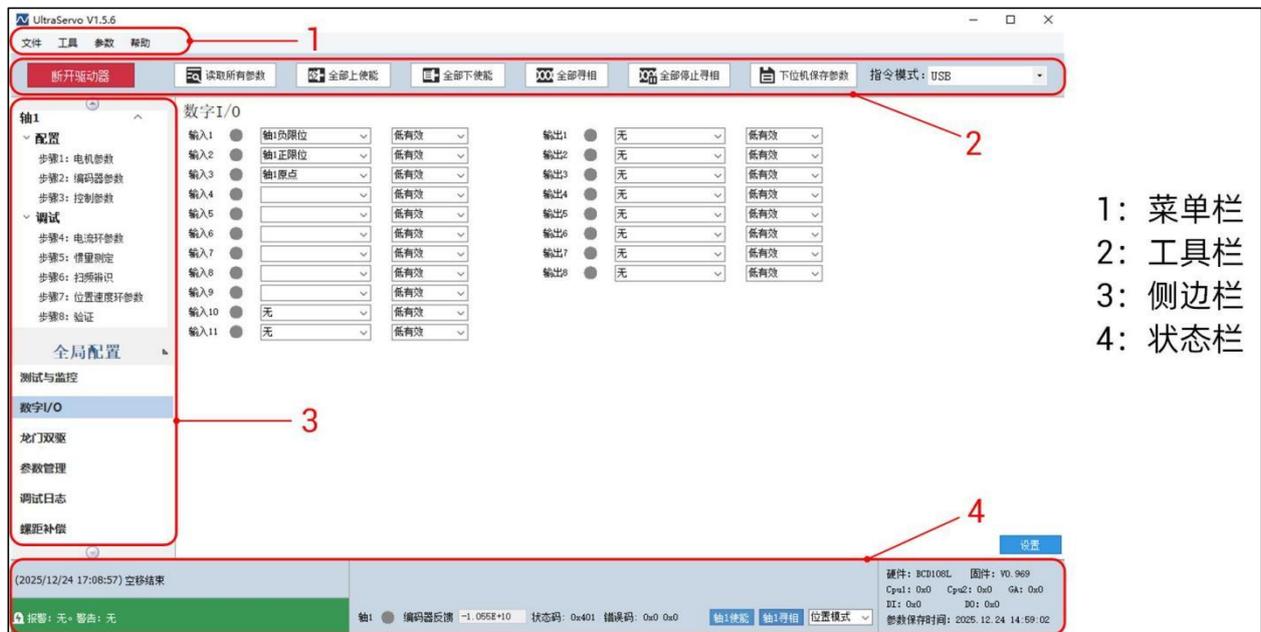
图 7-6 选择始终安装此驱动程序软件

第 7 步 程序安装完成。



图 7-7 程序安装完成

7.2 界面



- 1: 菜单栏
- 2: 工具栏
- 3: 侧边栏
- 4: 状态栏

图 7-8 软件界面概览

7.2.1 菜单栏

菜单栏设有【文件】【工具】【参数】【帮助】选项。



图 7-9 菜单栏

7.2.1.1 文件

【文件】功能包含导出数据到文件、从文件导入数据和退出程序的指令。

➤ 导出参数到文件

在连接驱动器的状态下,可通过该指令将驱动器配置参数保存到文件。保存的文件类型:*.xml 文件。



图 7-10 导出参数到文件

➤ 从文件导入参数

在连接驱动器的状态下,可通过该指令将参数从配置参数文件导入到当前连接的驱动器配置里。支持导入的文件类型:*.xml 文件。



图 7-11 从文件导入参数

➤ 退出

可使用该指令关闭 UltraServo。

7.2.1.2 工具

➤ 驱动器信息

在连接驱动器的状态下，可使用该指令查看驱动器的详细信息：包括驱动器硬件版本号、ID号、下位机参数修改时间、固件版本号、FPGA 版本。



图 7-12 驱动器信息

➤ 调试日志

以弹窗形式显示日志信息，可在进行调试的同时查看日志



图 7-13 调试日志

➤ 数据分析

可使用数据分析工具，导入伯德图数据和监控数据，进行数据分析。

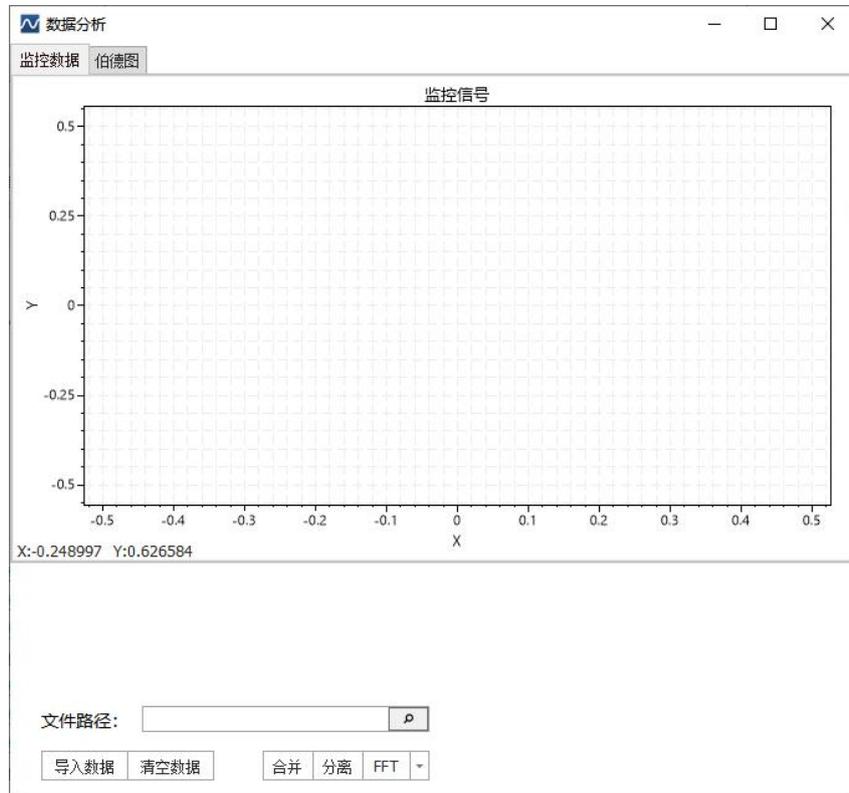


图 7-14 数据分析

➤ 设置

可使用该指令对软件部分功能进行设置。

- 【常规】页面中，勾选【启动软件自动连接驱动器】，在下次启动软件时，会自动尝试连接驱动器。

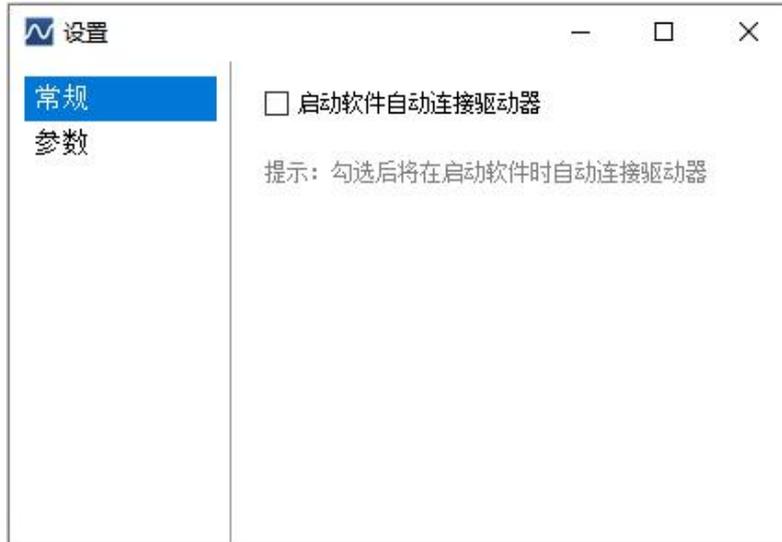


图 7-15 设置-常规

- 【参数】页面中，可对运动单位进行切换。当前仅支持长度单位在 cnt 和 mm（直线电机）/round（旋转电机）中切换。默认单位为 cnt，且单位切换在软件重启后生效。



图 7-16 设置-参数

7.2.1.3 参数

➤ 读取参数

该指令将驱动器参数读取到界面显示。

➤ 设置参数

该指令将界面参数设置到驱动器。

➤ 下位机保存参数

该指令将参数保存至驱动器。

⚠说明：设置参数与保存参数的区别是：设置参数会将界面的参数写入缓存中，而保存参数则会将缓存中的参数写入内存中。内存中的数据在断电后不会丢失，而缓存中的数据在断电后会丢失，之后重新上电会从内存中读取之前保存的参数。因此，调试完毕并设置参数后请务必点击此按钮保存参数。

➤ 恢复出厂参数

该指令将驱动器所有参数恢复至出厂模式。此操作后请重新调整参数，防止参数与实际不匹配，引起电机振动。

7.2.1.4 帮助

➤ 专家权限：该功能供内部人员使用。

➤ 帮助文档：该指令将打开帮助文档，供调试人员查阅。

➤ 关于：通过该指令可以查看软件信息，包括版本号、发布日期等。

➤ 固件升级

通过该指令对驱动器进行固件升级。操作步骤如下：

第 1 步 点击【帮助】→【固件升级】。

第 2 步 请选择预先准备好的固件文件，选取文件，确认无误后点击固件升级。

第 3 步 等待片刻后固件升级完成，将会出现升级完成的弹窗提示。

第 4 步 重新插拔 USB 线，以完成重新连接。

7.2.2 工具栏

工具栏提供常用的功能按钮，便于用户在无须切换页面的情况下直接使用。



图 7-17 工具栏

- 连接/断开驱动器：连接和断开驱动器。
- 读取所有参数：从驱动器中读取所有的参数并将其显示在界面。参数包括驱动器系统参数和各个轴的参数。
- 全部上使能：令所有轴上使能。

⚠注意：若指令模式在 EtherCAT 模式下，轴不会直接上使能，而是处于半连接状态，之后利用上位机控制软件（比如 UltraCut）上使能后轴才会真正使能。

- 全部下使能：令所有轴下使能。
- 全部寻相：令所有轴开始寻相。
- 全部停止寻相：令所有轴停止寻相动作并下使能。
- 下位机保存参数：将参数写入驱动器。
- 指令模式：切换驱动器的指令模式，支持在 USB 和 EtherCAT 模式之间切换。

⚠说明：USB 模式在使用 UltraServo 进行调试时使用，EtherCAT 模式在使用上位机控制软件加工时使用。切换为 EtherCAT 模式后，通常需要令使用的轴上使能以处于半连接状态，之后再利用上位机控制软件进行实际的上下使能。

7.2.3 侧边栏

侧边栏提供导航作用，用于切换主页面。

侧边栏包括两大模块，分别是【轴参数配置】和【全局配置】。



图 7-18 侧边栏

➤ 轴参数配置

用于配置和调试轴参数。各轴的参数配置共包含 8 个步骤，分为【配置】和【调试】两大步骤。



图 7-19 轴参数配置

- 【配置】步骤包含【电机参数】、【编码器参数】、【控制参数】3 个步骤，与硬件参数相关性较高，通常配置完毕后不再更改。
- 【调试】步骤包含【电流环参数】、【惯量测定】、【扫频辨识】、【位置速度环参数】、【验证】5 个步骤，与轴性能相关性较高，在不同使用场景或工况下需要适当地调试。

大部分参数必须在非使能状态下才可以设置。

修改参数后，点击右下角【设置】即可保存参数。若需放弃修改，可刷新页面来恢复原本的参数。举例说明如下：设置轴 1 的电机参数，修改参数后想放弃，点击【步骤 1：电机参数】，系统跳出提示弹窗，点击【确定】，恢复为原本的参数。



图 7-20 放弃修改步骤示例

➤ 全局配置

【全局配置】栏目下包含【测试与监控】、【数字 I/O】、【龙门双驱】、【参数管理】、【调试日志】与【螺距补偿】界面，提供调试步骤之外的基础功能。



图 7-1 全局配置

- 测试与监控：用于监控轴参数。
- 数字 I/O：用于进行数字 I/O 口的配置。
- 龙门双驱：用于进行双驱的配置。
- 参数管理：该界面包含所有轴参数以及系统参数。其中轴参数按照轴号，将参数分成电机参数、用户参数、控制参数、滤波器参数四大模块。调试人员可直接在界面对参数进行修改和设置。参数的含义请参照[参数设置](#)。
- 调试日志：显示用户操作过程的日志信息。
- 螺距补偿：进行误差校正，确保电机运动的精度。

7.2.4 状态栏

状态栏实时刷新显示当前操作状态信息，用户无须切换页面即可获取当前系统状况。

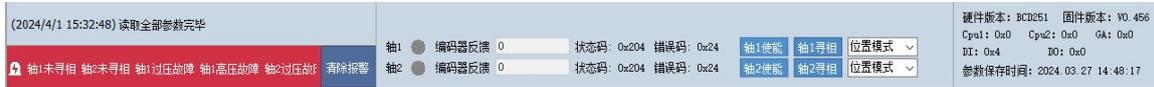


图 7-1 状态栏

- 显示最近一条日志信息。
- 实时显示当前的报警信息，并提供【清除报警】按钮。当用户排查并解决异常状况后，需点击【清除报警】按钮以进入无报警状态。若点击按钮后报警无法清除，说明异常状况没有解除，须再次排查问题。
- 实时显示每个轴的状态信息，包括：
 - 使能状态灯：使能状态时绿灯亮，非使能状态时绿灯灭。
 - 编码器反馈：编码器的反馈值，单位为 Count。
 - 状态码、错误码：供调试人员使用。
- 提供每个轴最常用的功能按钮，包括：
 - 使能：使能状态时，鼠标单击后执行下使能；非使能状态时，鼠标单击后执行上使能。
 - 寻相：使能状态时无法点击；非使能状态时，鼠标单击后执行寻相。
 - 运动模式：使能状态时无法切换；非使能状态时，可切换至除【空】以外的运动模式。
- 显示驱动器信息，包括【硬件版本】、【固件版本】、【CPU 错误码】、【参数保存时间】。

7.3 通信

UltraServo 的通信模式，可通过工具栏的【指令模式】在 USB 模式和 EtherCAT 模式之间切换。

- USB 模式：主要用于配置和调试，在使用 UltraServo 调试驱动器时使用。
- EtherCAT 模式：用于高速、实时的控制应用，在使用上位机控制软件加工时使用。

⚠️说明： EtherCAT 模式下，通常需要令使用的轴上使能以处于半连接状态，之后利用上位机控制软件进行实际的上下使能。

第 8 章 参数设置

参数设置涉及系统参数和轴参数。系统参数仅有一套，为整个系统提供统一的配置基础。而轴参数的设置则根据系统中轴的数量而定，每个轴都有一套独立的参数配置。轴参数进一步细分为电机参数、用户参数、控制参数和滤波器参数。

在参数设置过程中，用户可以通过【设置参数】功能将界面参数写入缓存。这一步骤允许临时存储和调整参数，便于即时测试和优化。当参数调整完毕并确认无误后，可以使用【保存参数】功能，将缓存中的参数永久性地写入内存。内存中的数据具有断电保存特性，确保在断电或系统重启后，参数不会丢失。相反，缓存中的数据在断电后将被清除，因此重要参数必须保存到内存中，以便在下次启动时能够从内存中重新加载之前保存的配置。

8.1 系统参数

系统参数为整个系统提供统一的配置基础，决定了系统的基本操作和性能。

8.1.1 版本参数

版本参数表示系统的软硬件配置水平。

[硬件版本](#)

[固件版本](#)

[FPGA 版本](#)

8.1.2 常规

常规参数是系统基础设置的核心，涉及系统的基本操作和管理。

[指令模式](#)

[ID](#)

[下位机参数更改时间](#)

[下位机参数更改日期](#)

[STO 模式](#)

[发布固件版本](#)

[系统频率](#)

8.1.3 多机通信

多机通信参数主要配置多级通讯模式,决定系统如何与其他设备或控制单元进行信息交换和同步。

[多机通信模式](#)

8.1.4 数字 I/O

数字 I/O 参数负责配置输入输出电平逻辑和输入输出角色。

[输入电平逻辑](#)

[输出电平逻辑](#)

[输入 n 角色](#)

[输出 n 角色](#)

8.1.5 双驱

双驱参数用于配置和管理双驱系统中两个独立驱动单元的协调运作。

[双驱位置间隔阈值](#)

[龙门横梁长度](#)

[龙门横梁宽度](#)

[横梁轴与横梁质心距离](#)

[龙门横梁质量](#)

[旋转轴固定角度值](#)

[旋转轴固定角度控制](#)

[是否开启双驱平移轴](#)

[是否开启双驱旋转轴](#)

[平移轴斜对齐补偿值](#)

[旋转轴斜对齐补偿值](#)

[斜对齐旋转速度](#)

[斜对齐电流阈值](#)

[斜对齐到位允许误差](#)

[平移轴中心位置](#)

8.1.6 编码器

编码器的设置,负责电机位置和速度的精确测量。

[模拟量编码器分辨率](#)

[模拟量编码器细分位数](#)

[绝对值编码器单圈数据位数](#)

[原始编码器方向](#)

[编码器类型](#)

[运动方向](#)

8.1.7 再生制动

再生制动参数用于设置再生制动电阻的相关配置。

[再生制动电阻阻值](#)

[再生制动电阻功率](#)

[再生制动系数](#)

[再生制动电阻启用电压](#)

[再生制动电阻占空比](#)

8.2 电机参数

电机参数定义了与电机配置和性能相关的设置。

8.2.1 常规

电机的基础设置。

[电机类型](#)

[极对数](#)

[峰值电流](#)

[额定电流](#)

[相间电阻](#)

[相间电感](#)

[推力/力矩常数](#)

[电机最高温度](#)

[反电动势常数](#)

8.2.2 旋转电机

专为旋转电机的配置。

[动子惯量](#)

[最大转速](#)

[反馈脉冲当量](#)

8.2.3 直线电机

专为直线电机的配置。

[反馈脉冲当量](#)

[动子质量](#)

[最大速度](#)

[极距](#)

8.3 用户参数

用户参数包括保护功能和特定控制选项，确保系统运行的安全与精确。

8.3.1 保护功能-电流保护

电流保护的配置。

[一级过流阈值](#)

[一级过流时间阈值](#)

[二级过流阈值](#)

[堵转电流阈值](#)

[堵转速度阈值](#)

[堵转时间阈值](#)

[允许最大电流](#)

8.3.2 保护功能-电压保护

电压保护的配置。

[高压阈值](#)

[过压阈值](#)

[高压时间阈值](#)

[欠压阈值](#)

[欠压时间阈值](#)

8.3.3 保护功能-飞车保护

飞车保护的配置。

[位置误差过大阈值](#)

[速度误差过大阈值](#)

[飞车报警时间阈值](#)

8.3.4 保护功能-速度保护

速度保护的配置。

[允许最大速度](#)

8.3.5 保护功能-温度保护

温度保护的配置。

[过温保护使能](#)

[恢复电阻阈值](#)

[过温电阻阈值](#)

[温敏电阻类型](#)

[过温时间阈值](#)

8.3.6 等效编码器输出

等效编码器输出的配置。

[等效编码器输出模式](#)

[等效编码器输出分辨率](#)

[等效编码器输出序号](#)

8.3.7 回零

回零参数涉及电机归位到其初始参考点的配置。

[回零模式](#)

[第一回零速度](#)

[第二回零速度](#)

[回零加速度](#)

[回零偏置](#)

8.3.8 紧急制动

紧急制动参数设定了在紧急情况下停止电机的机制。

[紧急制动模式](#)

[动态制动最大电流](#)

[规划制动最大电流](#)

[预禁止速度](#)

[预禁止时间](#)

[规划制动时间阈值](#)

[规划制动减速度](#)

8.3.9 其他

其他用户参数涵盖了控制系统的配置，确保系统能够满足特定的操作需求和性能标志。

[控制模式](#)

[预充时间](#)

[指令脉冲当量](#)

[jerk 突变阈值](#)

[acc 突变阈值](#)

[精插补方案](#)

[到位整定时间](#)

8.3.10 双驱

双驱参数允许用户设定和管理双驱系统中的轴配置。

[双驱配置](#)

8.3.11 寻相

寻相参数涉及电机启动前的寻相过程，即寻找电机电角度的配置。

[自动寻相使能](#)[寻相模式](#)[寻相电流](#)[单步电角度](#)[误差百分比](#)[停留时间](#)[电角度方向](#)

8.3.12 指令滤波

指令滤波参数用于优化控制指令的处理，减少噪声和波动。

[移动平均指令滤波点数](#)[指令滤波模式](#)[FIR 低通指令滤波点数](#)[FIR 低通指令滤波截止频率](#)

8.4 控制参数

控制参数用于配置电机的控制回路参数，确保电机高效且稳定运行。

8.4.1 电流环

电流环参数涉及电机电流环控制的配置，用于调整电机电流控制以优化扭矩响应。

[Kp](#)[Ki](#)[积分上限](#)[积分下限](#)[积分初始值](#)[输出限幅上限](#)[输出限幅下限](#)[电流前馈](#)[控制频率](#)

[死区补偿使能](#)[反电动势补偿](#)[死区补偿电流阈值](#)

8.4.2 高级抗扰

高级抗扰参数涉及抗扰功能的配置，用以增强系统对外部干扰的抵抗力。

[追踪带宽](#)[干扰抑制增益](#)[抗扰模式](#)[振动抑制频率上限](#)[振动抑制频率下限](#)[振动抑制增益](#)[振动抑制补偿频率](#)[振动抑制补偿增益](#)

8.4.3 速度环

速度环参数涉及电机速度环控制的配置，确保电机速度控制的准确性和平滑性。

[Kp](#)[Ki](#)[积分初始值](#)[积分上限](#)[积分下限](#)[控制频率](#)[正向摩擦补偿系数](#)[负向摩擦补偿系数](#)[负载惯量比](#)[输出限幅上限](#)[输出限幅下限](#)[阻尼前馈](#)[加速度前馈](#)[退积分前馈](#)[P-PI 切换使能](#)[KpIF](#)[KpSF](#)[KiIF](#)[KiSF](#)[Kp2](#)[Ki2](#)[前馈切换位置](#)[位置环到电流环前馈](#)[摩擦力补偿触发源](#)[积分泄漏系数](#)[积分泄漏模式](#)[增益切换速度](#)[增益切换触发源](#)[DRC 增益](#)

8.4.4 位置环

位置环参数涉及电机位置环控制的配置，用于实现精确的位置控制。

[Kp](#)

[输出限幅上限](#)

[输出限幅下限](#)

[速度前馈](#)

[控制频率](#)

[KpIF](#)

[KpSF](#)

[Kp2](#)

[伺服环延时（周期数）](#)

8.5 滤波器参数

滤波器参数涉及信号处理时用到的滤波器配置，用以优化系统性能和响应。

8.5.1 滤波器参数

滤波器参数涉及基础滤波器的配置。

[滤波器类型](#)

[N0 N1 N2 D1 D2](#)

[采样频率](#)

8.5.2 超前滞后

超前滞后参数涉及超前滞后滤波器的配置，用于调整响应时间和动态性能。

[超前滞后频率](#)

[超前滞后相位角度](#)

8.5.3 低通

低通参数涉及低通滤波器的配置，用以去除高频噪声。

[低通截止频率](#)

8.5.4 高通

高通参数涉及高通滤波器的配置，用以滤除低频干扰。

[高通截止频率](#)

8.5.5 共振

共振参数涉及共振滤波器的配置，用于减少系统共振点的影响。

[共振中心频率](#)

[共振宽度](#)

[共振高度](#)

8.5.6 双二阶

双二阶参数涉及双二阶滤波器的配置，用于提供更精细的频率响应调整。

[分母频率](#)

[分母阻尼比](#)

[分子频率](#)

[分子阻尼比](#)

8.5.7 陷波

陷波参数涉及陷波滤波器的配置，用于精确削减特定频率的干扰，提高系统对频率敏感问题的处理能力。

[陷波中心频率](#)

[陷波宽度](#)

[陷波深度](#)

8.6 参数表

8.6.1 编码器参数

表 8-1 编码器参数说明

名称	定义	描述	单位
encRes	模拟量编码器分辨率	编码器在一定距离或转动角度内能识别的光栅数。	个/mm (直线电机) 个/round (旋转电机)
encIntrplNum	模拟量编码器细分位数	编码器 1 个栅距产生的脉冲数为 2^n 个。	
encSingleTurnDataLength	绝对值编码器单圈数据位数	编码器协议中规定的单圈内用于表示位置的二进制位数。	
encOrgDir	原始编码器方向	编码器计数相对于电机运动的方向。 正向：编码器脉冲增加时对应电机正向运动 反向：编码器脉冲增加时对应电机反向运动	
encoderType	编码器类型	类型有如下选择： 0：无 1：A/B/Z 增量式编码器 2：A/B/Z 增量式编码器+霍尔 3：正弦/余弦增量式编码器 4：正弦/余弦增量式编码器+霍尔 5：Endat 2.2 绝对值编码器 6：多摩川绝对值编码器 7：BISS-C 绝对值编码器	
posDir	运动方向	电机相对于控制指令的运动方向。 正向：电机驱动方向和控制信号相同 反向：电机驱动方向和控制信号相反	

8.6.2 电机参数

表 8-2 电机参数说明

名称	定义	描述	单位
电机参数-常规参数			
motorType	电机类型	电机类型。	
polePairs	极对数	电机内部磁极的成对数量。	
peakCurrent	峰值电流	电机在短时间内能安全承受的最大电流。	A
rateCurrent	额定电流	电机在额定功率和额定电压下运行时的电流。	A
phaseR	相间电阻	电机中各相之间的电阻值。	Ω
phaseL	相间电感	电机中各相之间的电感值。	mH
km	推力/力矩常数	电机在单位电流下能产生的推力（直线电机）或力矩（旋转电机）。	N/A（直线电机） Nm/A（旋转电机）
motorTempThr	电机最高温度	电机在运行过程中所能承受的最大温度（最高安全工作温度）。	$^{\circ}\text{C}$
ke	反电动势常数	电机在旋转时其内部磁场产生的电压与其转速之间的比例关系。	V/(m/s) (直线电机) V/krpm (旋转电机)
电机参数-旋转电机			
inertia	动子惯量	电机转子的转动惯量。	$\text{kg}\cdot\text{cm}^2$
maxSpdRpm	最大转速	电机可达到的最高转速。	rpm
cpr	反馈脉冲当量	电机每旋转 1 圈所产生的脉冲数。	cpr
电机参数-直线电机			
pulsePerMm	反馈脉冲当量	电机移动每毫米所产生的脉冲数。	cpm
mass	动子质量	电机动子的质量。	kg
maxSpdMm	最大速度	电机能达到的最高直线速度。	mm/s
poleDis	极距	电机相邻两个磁极之间的距离。	mm(N-N)

表 8-3 用户参数说明 1

名称	定义	描述	单位
用户参数-保护功能-电流保护			
oc1Thr	一级过流阈值	电机短时间内可承受的最大电流值。	A
oc1CntThr	一级过流时间阈值	电机电流可以超过一级过流阈值的最长时间，超过该时间会触发一级过流报警。	ms
oc2Thr	二级过流阈值	电机的过流警戒线。电流超过该值会立即触发二级过流报警。	A
lockRotorCurrentThr	堵转电流阈值	电机在被认为处于堵转状态之前可以达到的最大电流。	A
lockSpdThr	堵转速度阈值	电机在被认为处于堵转状态之前的最低运行速度。	cnt/s
lockCntThr	堵转时间阈值	电机处于堵转状态允许的最长时间，超过该时间会触发堵转报警。	ms
maxCurrent	允许最大电流	用户允许持续通过电机的最大电流。	A
用户参数-保护功能-电压保护			
highVolThr	高压阈值	电机电压高于此值会被视为高压。	V
overVolThr	过压阈值	电机电压高于此值会被视为过压，会对电机造成损害。电压超过该值会立即触发过压报警。	V
highVolCntThr	高压时间阈值	电机电压可以在高压阈值以上持续的最长时间，超过该时间会触发高压报警。	ms
underVolThr	欠压阈值	电机电压低于此值会被视为欠压。	V
underVolCntThr	欠压时间阈值	电机电压可以在欠压阈值以下持续的最长时间，超过该时间会触发欠压报警。	ms

表 8-4 用户参数说明 2

名称	定义	描述	单位
用户参数-保护功能-飞车保护			
PThreshold	位置误差过大阈值	电机运动控制过程中允许的最大位置误差量，超过该值会触发位置误差过大报警。	cnt
VThreshold	速度误差过大阈值	电机运动控制过程中允许的最大速度误差量，超过该值会触发速度误差过大报警。	cnt/s
AEVETimeThreshold	飞车报警时间阈值	检测到飞车状态并持续时间超过阈值会触发飞车报警。	ms
用户参数-保护功能-速度保护			
maxSpd	允许最大速度	用户允许电机运行的最大速度。	cnt/s
用户参数-保护功能-温度保护			
motorTempEn	过温保护使能	开启或关闭电机过温保护功能。 0: 关闭 1: 开启	
motorTempLow	恢复电阻阈值	电机电阻达到或低于该阈值时，判断电机从过温状态恢复到正常运行状态。	Ω
motorTempHigh	过温电阻阈值	电机电阻达到或高于该阈值时，判断电机达到过温状态。	Ω
motorTempMode	温敏电阻类型	类型有如下选择： 0: 负温度系数（NTC） 1: 正温度系数（PTC）	
motorTempTimeThr	过温时间阈值	电机电阻超过过温电阻阈值时，情况持续时间超过该时间阈值，系统将启动过温保护。	ms

表 8-5 用户参数说明 3

名称	定义	描述	单位
用户参数-等效编码器输出			
encSimMode	等效编码器输出模式	开启或关闭等效编码器输出功能。 0: 关闭 1: 开启	
encSimRes	等效编码器输出分辨率	直驱驱动器对外提供的编码器脉冲信号精度。	
encSimIndex	等效编码器输出序号	直驱驱动器对外提供的编码器 Z 相的位置。	
用户参数-回零			
homingMethod	回零模式	模式有如下选择： 1: 寻负限位 Z 相，初始负向运动 2: 寻正限位 Z 相，初始正向运动 3: 寻原点 Z 相，初始正向运动 5: 寻原点 Z 相，初始负向运动 17: 寻负限位，初始负向运动 18: 寻正限位，初始正向运动 19: 寻原点，初始正向运动 21: 寻原点，初始负向运动 33: 仅 Z 相回零，初始负向运动 34: 仅 Z 相回零，初始正向运动 35: 设置当前位置为零点	
homingSpdQuick	第一回零速度	执行回零动作时，电机第一次（粗定位）寻找回零信号时使用的速度。	cnt/s
homingSpdSlow	第二回零速度	执行回零动作时，电机第二次（精定位）寻找回零信号时使用的速度。	cnt/s
homingAcc	回零加速度	电机在回零过程中加速和减速的速率。	cnt/s ²
homingOffset	回零偏置	回零时电机相对于回零信号位置需要额外回退的距离。	cnt

表 8-6 用户参数说明 4

名称	定义	描述	单位
用户参数-紧急制动			
EMGBrakeMode	紧急制动模式	模式有如下选择： 0：关闭规划制动，关闭有报警时使用动态制动，关闭下使能后使用动态制动。 1：关闭规划制动，开启有报警时使用动态制动，关闭下使能后使用动态制动。 2：关闭规划制动，开启有报警时使用动态制动，开启下使能后使用动态制动。 3：开启规划制动，关闭有报警时使用动态制动，关闭下使能后使用动态制动。 4：开启规划制动，开启有报警时使用动态制动，关闭下使能后使用动态制动。 5：开启规划制动，开启有报警时使用动态制动，开启下使能后使用动态制动。	
EMGBrakeDynCurrent	动态制动最大电流	电机在动态制动过程中可以使用的最大电流值。	A
EMGBrakeActCurrent	规划制动最大电流	电机在规划制动过程中可以使用的最大电流。	A
EMGBrakeDisSpeed	预禁止速度	电机触发紧急制动前的速度阈值。	cnt/s
EMGBrakeDisTime	预禁止时间	电机触发紧急制动前的延时。	ms
EMGBrakeActDecStop Time	规划制动时间阈值	执行规划制动过程前的时间阈值。	ms
EMGBrakeActDecStop	规划制动减速度	规划制动过程的减速度。	cnt/s ²

表 8-7 用户参数说明 5

名称	定义	描述	单位
用户参数-其他			
ctrlMode	控制模式	轴的控制模式。有如下选择： 1: 位置模式 2: 速度模式 3: 电流模式	
chargeCnt	预充时间	伺服系统启动前电容预充电的时间。	ms
pulsePerMmCmd	指令脉冲当量	发出控制指令控制电机移动每毫米（直线电机）或每转（旋转电机）所需要的脉冲数。	cnt/mm（直线电机）或 cnt/r（旋转电机）
jerkMutationThreshhold	jerk 突变阈值	当 jerk 超过该值时加速度指令使用线性插值，仅精插补方案为 1 时生效。	cnt/s ³
accMutationThreshhold	acc 突变阈值	当 acc 超过该值时加速度指令使用线性插值，仅精插补方案为 1 时生效。	cnt/s ²
interpolationType	精插补方案	方案有如下选择： 0: 方案 0 1: 方案 1	
settlingTimes	到位整定时间	电机指令到位后，给予其用于到位整定的时间长短。	ms
用户参数-双驱			
gantryFlag	双驱配置	轴在龙门双驱系统中的配置。配置有如下选择： 0: 无 1: 平移轴 2: 旋转轴	

表 8-8 用户参数说明 6

名称	定义	描述	单位
用户参数-寻相			
phaseAutoFind	自动寻相使能	开启或关闭自动寻相使能。开启状态下,若电机未寻过相就使能,会自动执行寻相再使能。 0: 关闭 1: 开启	
phaseMode	寻相模式	模式有如下选择: 1: 步进寻相 2: 霍尔寻相 3: 微动寻相	
phaseCurrent	寻相电流	寻相过程中使用的电流值。	A
phaseStepAngle	单步电角度	寻相步进时电机单步转动的电角度。	rad
phaseDifferCent	误差百分比	寻相过程中,电机实际位置与目标位置之间允许的最大误差百分比。	×100%
phaseStepCnt	停留时间	在进行下一个寻相步进前,电机保持当前位置的时间。	ms
phaseAngleDir	电角度方向	电机电角度与编码器之间的方向关系: 1: 同向 -1: 反向	
用户参数-指令滤波			
aveFilterTimes	移动平均指令滤波点数	移动平均滤波器平滑指令时所选取的指令点数,用于减轻指令带来的运动冲击。	个
cmdFilterMode	指令滤波模式	模式有如下选择: 0: 移动平均 1: FIR 滤波	
cmdFIRLPFilterCmdCnt	FIR 低通指令滤波点数	FIR 低通滤波器平滑指令时所选取的指令点数,用于减轻指令带来的运动冲击和振荡。	个
cmdFIRLPFilterCuttoffFreq	FIR 低通指令滤波截止频率	FIR 低通滤波器开始显著衰减输入指令信号频率成分的频点。	Hz

表 8-9 电流环控制参数说明

名称	定义	描述	单位
iLoopKp	Kp	电流环 PID 比例系数。	
iLoopKi	Ki	电流环 PID 积分系数。	
iLoopUpperLimit	积分上限	电流环积分饱和上限 (PID 积分项累计最大正值)，防止积分占比过大。	
iLoopLowerLimit	积分下限	电流环积分饱和上限 (PID 积分项累计最大负值)，防止积分占比过大。	
iLoopInitValue	积分初始值	电流环 PID 积分项初始值。	
iLoopOpMax	输出限幅上限	电流环输出的最大值。	
iLoopOpMin	输出限幅下限	电流环输出的最小值。	
iLoopIff	电流前馈	电流环的输入前馈的比例系数。	
iLoopFreq	控制频率	电流环控制频率。	Hz
iLoopDeadTimeCompensation	死区补偿使能	补偿电机驱动的死区效应。 0: 关闭 1: 开启	
iLoopBackEMFCompensation	反电动势补偿	补偿电机在运行过程中产生的反电动势。 0: 关闭 1: 开启	
iLoopDeadbandThreshold	死区补偿电流阈值	电流超过阈值时执行死区全补偿。	

表 8-10 高级抗扰控制参数说明

名称	定义	描述	单位
sLoopESOBandwidth	追踪带宽	追踪干扰的最高频率。	Hz
sLoopESOCoe	干扰抑制增益	用于缩放抑制干扰所使用的电流大小。	
sLoopESOType	抗扰模式	模式有如下选择： 4294967295 ($2^{32}-1$)：关闭 0：位置型 1：速度型	
sLoopResVibLPFreq	振动抑制频率上限	振动抑制功能作用的范围的最大频率。	Hz
sLoopResVibHPFreq	振动抑制频率下限	振动抑制功能作用的范围的最小频率。	Hz
sLoopResVibGain	振动抑制增益	用于调整振动抑制功能的强度。	
sLoopResVibHPFreq2	振动抑制补偿频率	振动抑制中补偿抑振的频率，通常用于额外的高频振动。	Hz
sLoopResVibGain2	振动抑制补偿增益	用于调整补偿频率处振动抑制的强度。	

表 8-11 速度环控制参数说明

名称	定义	描述	单位
sLoopKp	Kp	速度环 PID 比例系数。	
sLoopKi	Ki	速度环 PID 积分系数。	
iLoopInitValue	积分初始值	速度环 PID 积分的初始值。	
sLoopUpperLimit	积分上限	速度环积分饱和上限 (PID 积分项累计最大正值)，防止积分占比过大。	
sLoopLowerLimit	积分下限	速度环积分饱和下限 (PID 积分项累计最大负值)，防止积分占比过大。	
sLoopFreq	控制频率	速度环控制频率。	Hz
sLoopFricPosCoe	正向摩擦补偿系数	用于补偿电机正向运动时需要克服的摩擦力。	
sLoopFricNegCoe	负向摩擦补偿系数	用于补偿电机负向运行中需要克服的摩擦力。	
sLoopInertiaRatio	负载惯量比	电机负载的惯量与电机本身惯量的比值。	
sLoopOpMax	输出限幅上限	速度环输出的最大值。	
sLoopOpMin	输出限幅下限	速度环输出的最小值。	
sLoopVff	阻尼前馈	用于补偿电机运动时需要克服的阻尼力。	

名称	定义	描述	单位
sLoopAff	加速度前馈	用于补偿电机加减速运动时需要克服的惯性力。	
sLoopIReduceGain	退积分增益	用于调整 PID 控制器中积分项的效果，避免过度积分。	
sLoopPPICChange	P-PI 切换使能	开启或关闭比例控制模式和比例-积分控制模式间的切换功能。	
sLoopKpIF	KpIF	指令进入 Idle 段时速度环 PID 的比例系数的修正因子。	
sLoopKpSF	KpSF	指令进入 Settle 段时速度环 PID 的比例系数的修正因子。	
sLoopKiIF	KiIF	指令进入 Idle 段时速度环 PID 的积分系数的修正因子。	
sLoopKiSF	KiSF	指令进入 Settle 段时速度环 PID 的积分系数的修正因子。	
sLoopKp2	Kp2	低速时的速度环 PID 比例系数。	
sLoopKi2	Ki2	低速时的速度环 PID 积分系数。	
sLoopSwitchFfPos	前馈切换位置	前馈与速度环输出滤波器的关系 0: 前馈只经过速度环输出滤波器 1: 前馈不经过滤波器 2: 前馈只经过前馈滤波器	
sLoopVff2	位置环到电流环前馈	用于从位置环直接前馈到电流环。	
sLoopFricSrc	摩擦力补偿触发源	定义触发摩擦力补偿的信号源。 0: 速度指令 1: 速度反馈 2: 速度反馈 3: 速度环输入	
sLoopILeakCoef	积分泄漏系数	用于调整积分泄漏的快慢。	
sLoopILeakType	积分泄漏模式	用于切换积分泄漏的类型。 0: 关闭 1: 速度型积分泄漏	

名称	定义	描述	单位
		2: 位置型积分泄漏	
sLoopSwitchSpd	增益切换速度	定义增益切换时的速度参考值。低于该速度时使用第二套增益系数。	cnt/s
sLoopSwitchSpdSrc	增益切换触发源	定义增益切换时的信号源。 0: 速度指令 1: 速度环输入	
sLoopETCCoe	DRC 增益	用于调整系统的动态响应特性。	

表 8-12 位置环控制参数说明

名称	定义	描述	单位
pLoopKp	Kp	位置环 PID 比例系数。	
pLoopOpMax	输出限幅上限	位置环输出的最大值。	cnt/s
pLoopOpMin	输出限幅下限	位置环输出的最小值。	cnt/s
pLoopVff	速度前馈	速度指令前馈到位置环输出的系数。	
pLoopFreq	控制频率	位置环控制频率。	Hz
pLoopKposIF	KpIF	指令进入 Idle 段时位置环 PID 的比例系数的修正因子。	
pLoopKposSF	KpSF	指令进入 Settle 段时位置环 PID 的比例系数的修正因子。	
pLoopKpos2	Kp2	低速时的位置环 PID 比例系数。	
pLoopDelayNum	伺服环延时 (周期数)	位置环和速度环执行每个控制周期时, 引入 n 个周期的延时。(16K 位置指令和速度指令的延时周期数)。	

表 8-13 滤波器参数说明

名称	定义	描述	单位
滤波器参数			
type	滤波器类型	滤波器类型。	
	N0	滤波器参数。	
	N1	滤波器参数。	
	N2	滤波器参数。	
	D1	滤波器参数。	
	D2	滤波器参数。	
sampleFrequency	采样频率	滤波器的运算频率。滤波器能处理的信号频率上限为采样频率的一半。	
滤波器参数-超前滞后			
phaseFreq	超前滞后频率	滤波器影响相位角度的中心频率。在这个频率点，滤波器将提供超前或滞后效果的最大值。	Hz
phaseAngle	超前滞后相位角度	在超前滞后频率点，引入的相位变化量。	
滤波器参数-低通			
cutOffFreq	低通截止频率	低通滤波器的截止频率，超过这个频率的信号成分会被大幅减弱或阻止。	Hz
滤波器参数-高通			
cutOffFreq_highpass	高通截止频率	高通滤波器的截止频率，低于这个频率的信号成分会被大幅减弱或阻止。	Hz
滤波器参数-共振			
centerFreq_resonant	共振中心频率	共振滤波器增强信号的中心频率点。在这个频率上，滤波器对信号的增强作用最大。	Hz
resonantWidth	共振宽度	共振滤波器的共振峰的宽度，也就是滤波器增强效果显著的频率范围。	Hz
resonantGain	共振高度	共振滤波器的共振峰在中心频率点的增益或强度。	dB
滤波器参数-双二阶			
omegaD	分母频率	滤波器的自然频率或截止频率。在双二阶滤波器中，标志着滤波器增益开始下降的点。	Hz
zetaD	分母阻尼比	决定了滤波器的阻尼程度。	

名称	定义	描述	单位
omegaN	分子频率	用于定义滤波器的零点频率。	Hz
zetaN	分子阻尼比	用于调整滤波器的零点响应特性。	
滤波器参数-陷波			
centerFreq	陷波中心频率	陷波器目标消除或减弱信号的中心频率点。	Hz
notchWidth	陷波宽度	陷波器的陷波效果影响的频率范围宽度。	Hz
notchDepth	陷波深度	陷波器在中心频率点可以减少的信号强度。	dB

表 8-14 全局参数说明 1

名称	定义	描述	单位
全局参数-版本参数			
hardwareVer	硬件版本	硬件版本。	
softwareVer	固件版本	固件版本。	
fpgaVer	FPGA 版本	FPGA 版本。	
全局参数-常规			
CmdMode	指令模式	模式有如下选择： 2: USB 3: EtherCAT	
SystemID	ID	直驱驱动器的唯一标识符。	
lastChangeParamTime	下位机参数更改时间	下位机参数更改时间（时分秒）。	
lastChangeParamDate	下位机参数更改日期	下位机参数更改日期（年月日）。	
STOMode	STO 模式	开启或关闭 STO（安全力矩关断，Safe Torque Off）模式。 0: 关闭 1: 开启	
RLSFirmwareVer	发布固件版本	发布固件的大版本号。	
SystemFreq	系统频率	直驱驱动器的整体信号处理频率	Hz

表 8-15 全局参数说明 2

名称	定义	描述	单位
全局参数-多机通信			
FSIMode	多机通信模式	模式有如下选择： 关闭 主机-电流模式 主机-PWM 模式 从机-电流模式 从机-PWM 模式	
全局参数-数字 I/O			
InputLogic	输入电平逻辑	输入信号的逻辑电平。通过一个十进制数定义每个数字输入端口的触发逻辑,其中每个位的二进制值决定对应端口是高电平(1)还是低电平(0)有效。	
OutputLogic	输出电平逻辑	输出信号的逻辑电平。通过一个十进制数定义每个数字输出端口的触发逻辑,其中每个位的二进制值决定对应端口是高电平(1)还是低电平(0)有效。	
DIOInputRole	输入 n 角色	决定数字输入端口的作用	
DIOOutputRole	输出 n 角色	决定数字输出端口的作用	
全局参数-双驱			
gantryIntervalThreshold	双驱位置间隔阈值	当双驱两个轴之间的指令差值减去反馈差值大于该值时触发双驱扭轴报警	cnt
gantryLengthGantry	龙门横梁长度	龙门结构中横梁的长度。	m
gantryWidthGantry	龙门横梁宽度	龙门结构中横梁的宽度。	m
gantryDistYToGantry	横梁轴与横梁质心距离	龙门结构中横梁轴质心到横梁质心的距离。	m
gantryMassGantry	龙门横梁质量	龙门横梁的质量。	kg
gantryThetaCmd	旋转轴固定角度值	旋转轴指令被设置在固定的角度值。	cnt
gantryFixedThetaCtrl	旋转轴固定角度控制	开启或关闭旋转轴的固定角度控制功能。	

名称	定义	描述	单位
gantryIsEta1SvOn	是否开启双驱平移轴	开启或关闭双驱平移轴功能。	
gantryIsEta2SvOn	是否开启双驱旋转轴	开启或关闭双驱旋转轴功能。	
gantryAlignOffset 1	平移轴斜对齐补偿值	只读。斜对齐之后平移轴单轴的位置补偿,以修正由于机械安装不精确等原因引起的双驱轴轴线不平行的问题。	cnt
gantryAlignOffset 2	旋转轴斜对齐补偿值	只读。斜对齐之后旋转轴单轴的位置补偿,以修正由于机械安装不精确等原因引起的双驱轴轴线不平行的问题。	cnt
gantryAlignStepCnt	斜对齐旋转速度	执行斜对齐时的旋转速度。	cnt/s
gantryAlignLockCurrent	斜对齐电流阈值	斜对齐时,若电流超过该值则认为旋转运动到达极限位置。	A
gantryAlignZeroError	斜对齐到位允许误差	斜对齐操作完成后允许的最大位置误差范围。	cnt
gantryCenterPos	平移轴中心位置	计算龙门中心位置时旋转轴单轴反馈所占比例,可指定平移轴的中心位置,调整双驱控制效果,用于校准或定位。	×100%
gantryUseDoubleSignal	双驱回零使用双边信号	支持使用双边(平移轴和旋转轴所对应的两个单轴)的限位或 Z 相信号回零。	
gantryHomingX2Offset	旋转轴回零偏置	回零完成后,旋转轴对应的单轴的实际位置与其回零参考信号(限位/Z相)的位置偏移。仅在龙门初始化过程中被修改。	mm
全局参数-再生制动			
brakeResistance	再生制动电阻阻值	再生制动电阻用于将电机减速过程中产生的能量转换为热能,而阻值决定了这种转换的效率和速率。	Ω
brakePower	再生制动电阻功率	再生制动电阻可以安全消耗的最大功率。	W
brakeCOE	再生制动系数	用于调整再生制动的效率或强度。	
brakeHighVol	再生制动电阻启用电压	再生制动电阻开始工作的电压阈值。	V
brakeRateCur	再生制动电阻占空比	再生制动电阻工作的占空比。	

第 9 章 功能说明

9.1 寻相

寻相是为了寻找电机的电角度，这是控制电机运动必须的步骤。通过识别电角度，可以确保电机能够以正确的相位启动和运行，从而提高运行效率和性能。在本软件中，使用寻相功能需要在【编码器参数】中配置编码器与寻相相关参数。

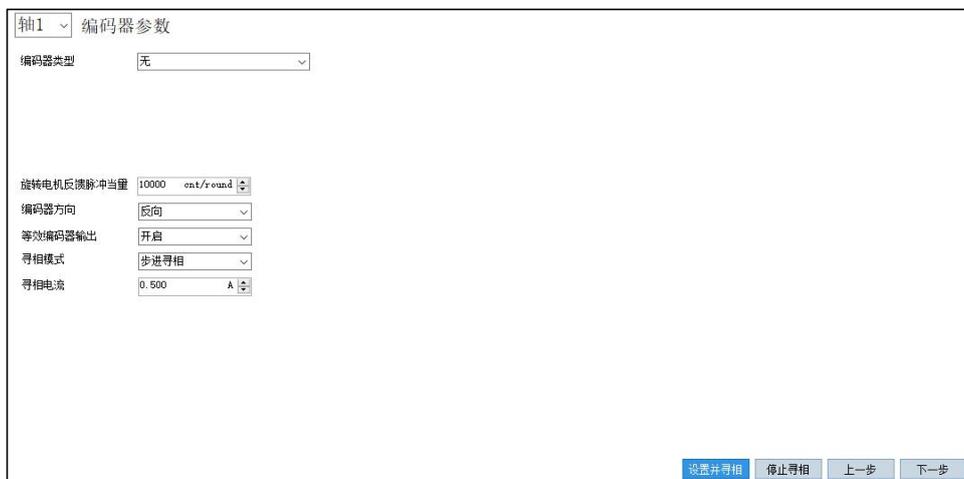


图 9-1 寻相

用户可以在【编码器参数】设置参数并开始寻相以及停止寻相，也可以在【状态栏】开始寻相。

参数如下：

- 编码器类型：根据使用的编码器进行选择。
- 反馈脉冲当量：设置合适的反馈脉冲当量。旋转电机的单位为 cnt/round，直线电机的单位为 cnt/mm。
- 编码器方向：设置编码器的方向。
- 等效编码器输出：是否开启等效编码器。
- 寻相模式：提供【步进寻相】、【霍尔寻相】、【微动寻相】选择。详细介绍参照寻相模式。
- 寻相电流：设置寻相电流。

寻相模式详细介绍如下：

➤ 步进寻相

通过改变电流相位来改变电机的磁极位置，直到找到所需的起始位置或参考点。其特点是寻相动作较大，寻相精度高。

首次设置电机参数时，建议使用步进寻相，可以明确电机参数是否有误。

选择【步进寻相】模式，设置寻相电流（通常为电机额定电流的 30% – 50%，需要根据负载情况判定），即可进行寻相。

点击【设置并寻相】后，电机将从固定电角度开始注入电流，等待固定时间后计算编码器位置变化。如果两次位置变化均满足寻相精度要求，则寻相成功；否则，将增加电角度，重复判断流程。

如果多次移动后都未满足精度要求，则判定寻相失败。

➤ 霍尔寻相

霍尔传感器可以检测磁场的变化，并将这些变化转换为电信号。使用霍尔传感器来检测电机轴上的磁场位置，从而可以确定电机确切的旋转位置和相位。

对于带霍尔传感器的电机，可以采用这种方式来确定电机的初始电角度。在该类电机首次运行前，电机处于未寻相状态，将编码器参数改为带霍尔类型的编码器，以及将寻相方式设为霍尔寻相后，点击寻相，电机会运行一段完整的电周期位移，并记录各个霍尔信号换相点的电角度值，同时将这些值保存到驱动器的内部存储单元，寻相完成后电机即可正常运动。

当电机重新上电后，驱动器会根据保存的电角度和霍尔信号值确定当前电角度，无需再次寻相，这正是霍尔寻相的主要优点。

➤ 微动寻相

通过微小而精确的步进以实现电机位置的微调，从而寻求最佳的起始相位或位置，这可以确保电机在启动或运行时能够达到最优的性能和效率。其特点是寻相动作小，但在大负载情况下可能会寻相失败。

选择【微动寻相】模式，设置寻相电流（通常为电机额定电流的 80% – 100%，需要根据负载情况判定），即可进行微动寻相。

首次微动寻相会使用步进寻相进行编码器方向判断，电机会从固定电角度开始注入电流，电流值会从 0 逐渐增大到所设定的寻相电流。在寻相过程中，每次相隔固定时间后，驱动器会计算编码

器的位置变化。当位置变化超过阈值时，停止注入电流，并根据位置变化的方向和编码器变化的方向来重新确定电角度的增加方向，再重新开始注入电流，重复上述步骤。直到电流增加到设定寻相电流，且编码器位置变化范围小于所设阈值时，寻相完成。

若电角度变化次数大于 15 次，编码器位置还是无法收敛，则寻相失败。

 **说明：**

1. 若寻相失败，可能的原因为：电机参数设置错误，脉冲当量设置错误，步进寻相电流设置不够大，电机不支持霍尔寻相，霍尔整定失败。
 2. 霍尔整定失败时，可多尝试几次寻相整定。注意，该报警在霍尔寻相模式下无法清除，若要清除该报警，请切换至其他寻相模式。
-

更多参数介绍：

更多参数可在【参数管理】里的【用户参数-寻相】查看和设置（参考[寻相](#)）。

- 自动寻向使能：开启或关闭自动寻相使能。开启状态下，若电机未寻过相就使能，会自动执行寻相再使能。
- 单步电角度：寻相步进时电机单步转动的电角度。
- 误差百分比：寻相过程中，电机实际位置与目标位置之间允许的最大误差百分比。
- 停留时间：在进行下一个寻相步进前，电机保持当前位置的时间。
- 电角度方向：电机电角度与编码器之间的方向关系（只读）。

9.2 惯量测定

惯量测定用于测量伺服系统（电机和负载）对运动的抵抗程度，通过注入电流，使得电机运动一段距离，从而测量出整个系统的机械特性参数。在软件中，使用惯量测定功能需要在【步骤 5：惯量测定】中，通过信号激励来调试惯量参数，包括负载惯量比、阻尼系数、正/负向摩擦系数。



图 9-2 惯量测量

参数如下：

➤ 信号参数

- 信号幅值：用于设定将注入的方波电流信号的幅值。
- 信号时长：用于设定将注入的方波电流信号的时长。

如果幅值和时长所设定的数值偏低，电机可能无法运动，或者运动距离不够，导致惯量测定的准确度不够；但如果设定数值过高，可能导致运动距离过长，损坏电机甚至危及人身安全。建议在默认参数的基础上小幅调整参数。

➤ 惯量参数

- 负载惯量比：负载总惯量（折算到电机轴）与电机转子惯量之比。
 - 阻尼系数：与速度成正比的阻力系数。
 - 正向摩擦系数：正向运动时的摩擦系数。
 - 负向摩擦系数：负向运动时的摩擦系数。
- 是否设定为控制器参数：勾选后，在应用测量的惯量参数的同时，设置位置环速度环的参数。

9.3 扫频

扫频辨识是指逐渐改变输入信号的频率，观察系统对不同频率的响应，以此来识别系统的频率响应特性。通过分析系统在不同频率下的反应，可以得到系统的传递函数或频率响应函数，这有助于理解系统的动态行为。在软件中，使用扫频功能需要在【步骤 6: 扫频辨识】中，设置相关参数，对系统进行扫频动作，以辨识系统的频响。

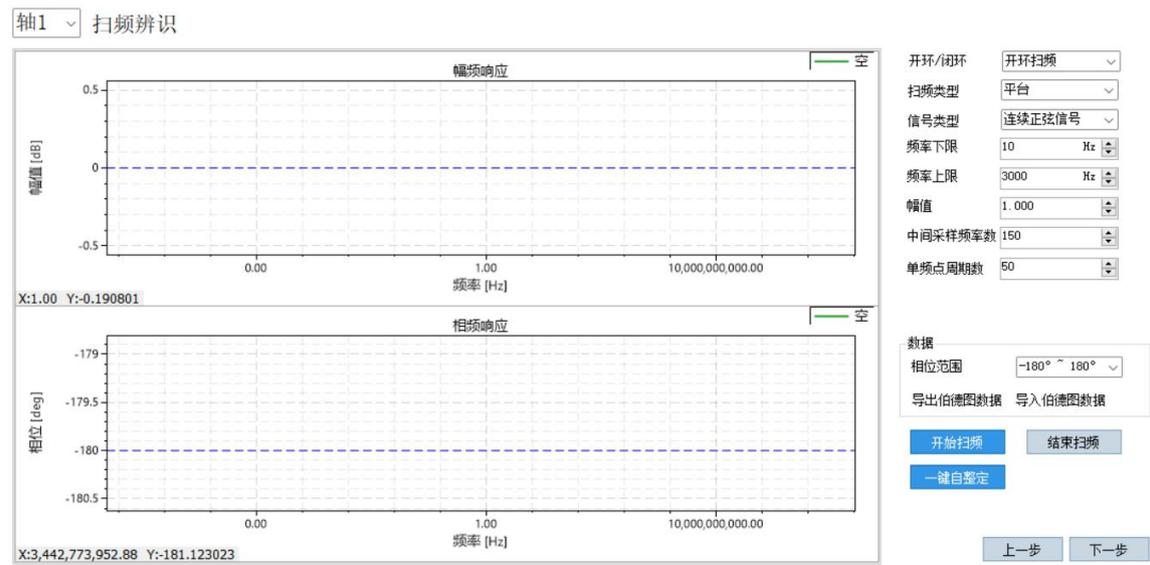


图 9-3 扫频

参数：

- 开环/闭环：支持开环扫频和闭环扫频。
 - 开环扫频：意味着测试信号直接施加到系统中，而不考虑系统的输出反馈，系统的输出并不影响输入信号。可以测量和分析系统的动态特性。
 - 闭环扫频：意味着测试信号施加到闭环系统中，系统的反馈用于调整输入信号。可以测试系统在实际工作条件下的动态响应。
- 扫频类型
 - 平台：指在系统的最基础层面上进行的扫频测试，以评估系统本身对频率变化的响应。
 - 电流 I_q 闭环：针对的是伺服系统的转矩电流 (I_q) 控制回路，以评估系统在调节电机转矩时的动态性能。
 - 电流 I_d 闭环：针对的是伺服系统的磁通电流 (I_d) 控制回路，可以识别和优化电机的磁通控制策略和动态响应。

- 速度闭环：针对伺服系统的速度控制环。
- 信号类型
 - 支持选择连续正弦信号、二值白噪声信号、啁啾信号，并可调整对应的信号参数，包括【频率下限】、【频率上限】、【幅值】、【中间采样频率数】、【单频点周期数】。
- 相位范围：支持选择 $-180^\circ - 180^\circ$ ， $-360^\circ - 0^\circ$ ，展开。
- 功能
 - 支持一键自整定，三环参数一键整定完毕，降低调试难度。
 - 可导出伯德图数据。
 - 可导入伯德图数据。

9.4 点动

点动运动是指对电机进行控制移动，主要目的是移动轴的位置，或者测试其运动是否正常、有无异响、性能如何。本软件支持点动运动。



图 9-4 点动

点动的操作步骤如下：

- 第 1 步** 指令模式设为 USB 模式。若固件支持规划运动，可将轴的【控制模式】设为位置模式或速度模式。若不支持规划运动，将轴的【控制模式】设为速度模式。
- 第 2 步** 上使能。
- 第 3 步** 设定点动参数，包括【速度】和【加速度】。
- 第 4 步** 鼠标左键按住蓝色箭头进行点动，松开左键停止点动。

9.5 空移

空移运动是指电机在没有处理实际工作负载的情况下进行的运动,用于模拟或测试运动路径和操作程序。本软件支持空移运动。

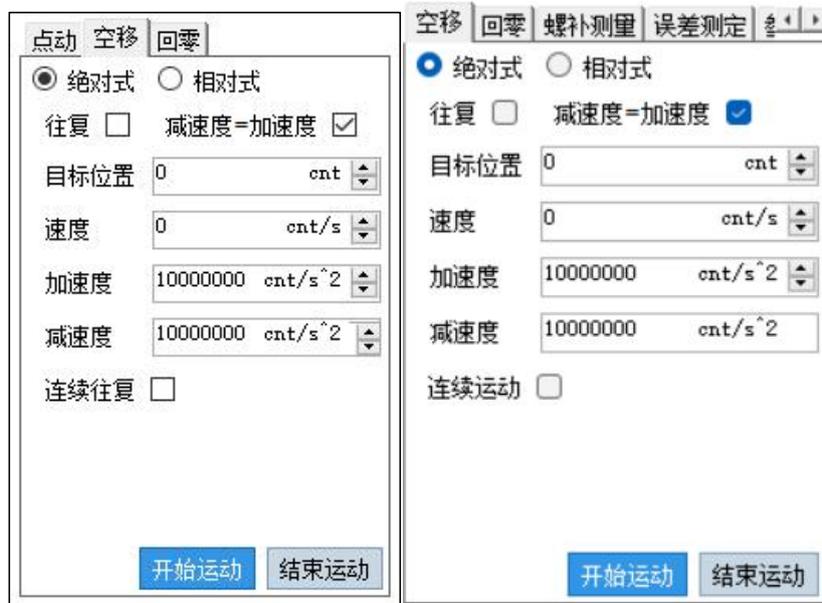


图 9-5 空移

空移的操作步骤如下:

第 1 步 选择【绝对式】或【相对式】运动。

第 2 步 绝对式运动可输入目标位置, 相对式模式可输入相对位移。并设置【速度】、【加速度】、【减速度】。

第 3 步 点击【开始运动】执行空移, 点击【结束空移】中止空移。

- 往复: 勾选后, 每次执行空移后会自动更新【目标位置】或【相对位移】, 使得再次空移后回到上一次运动的初始位置。
- 减速度=加速度: 勾选后, 减速度值将不可手动更改, 只可更改加速度值, 且减速度恒等于加速度。
- 连续运动: 勾选后, 会显示往复运动次数和往复运动间隔。设置好参数后, 点击【开始运动】, 将弹窗提示用户是否继续。若点击确定, 所有勾选了【连续往复】的轴都将执行往复空移运动, 直到往复次数消耗至 0。

9.6 回零

回零运动是将机器移动到其参考点或原点的过程。这是一个标准过程，用于确定设备的绝对位置。本软件支持回零运动。



图 9-6 回零

执行回零运动的步骤如下：

第 1 步 根据需要设置【回零模式】。其中包括：

- 寻负限位 Z 相，初始负向运动。
- 寻正限位 Z 相，初始正向运动。
- 寻原点 Z 相，初始正向运动。
- 寻原点 Z 相，初始负向运动。
- 寻负限位，初始负向运动。
- 寻正限位，初始正向运动。
- 寻原点，初始正向运动。
- 寻原点，初始负向运动。
- 仅 Z 相回零，初始负向运动。
- 仅 Z 相回零，初始正向运动。
- 设置当前位置为零点。

第 2 步 设置【回零加速度】、【第一回零速度】、【第二回零速度】、【回零偏置】。

第 3 步 上使能。

第 4 步 点击【开始回零】进行回零，点击【结束回零】停止回零。

9.7 误差校正

误差校正，是指通过外部精密测量工具（激光干涉仪）来测量并补偿伺服驱动系统或机械运动过程中位置误差的技术。点击【螺距补偿】，进入如下误差校正界面，相关参数如下：

- 校正起始位置：开始执行误差校正的具体位置点。
- 校正间隔：校正间隔指的是在电机移动过程中每隔一定的距离就会进行一次误差校正。

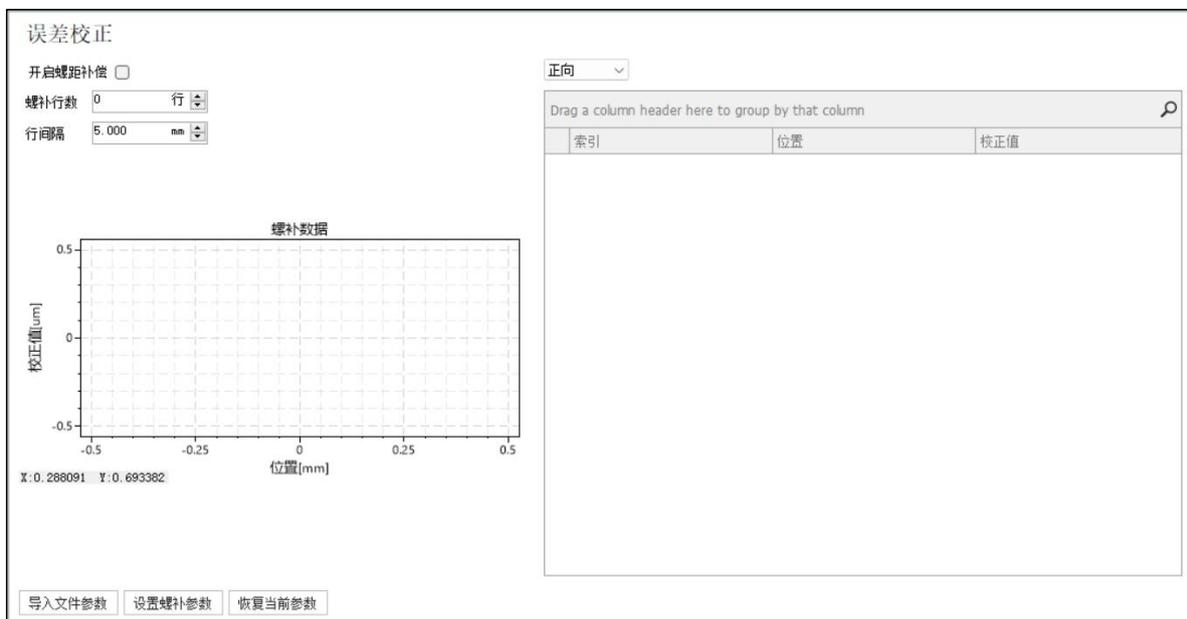


图 9-7 误差校正

步骤如下：

第 1 步 使用激光干涉仪在系统的操作范围内的不同位置点测量实际位置与期望位置之间的差异。这些差异数据被用来创建一张误差映射表，表中记录了各个具体位置的误差值。

第 2 步 当系统运行时，根据电机的实时位置，系统会实时地从误差映射表中查找对应的校正

值。

第 3 步 系统根据映射表中的数据动态调整伺服驱动电机的控制信号，以补偿检测到的位置误差。这种调整是连续进行的，并且以设定的【校正间隔】进行。

第 4 步 系统定义了一个【校正起始位置】，从该点开始执行误差校正。

9.8 双驱误差校正

双驱误差校正,是指龙门双驱应用中通过编码器坐标系来测量并补偿龙门控制系统或机械运动过程中出现龙门扭转和俯仰的功能。

相关参数如下:

- 坐标系方向: 对于驱动器而言,坐标系方向应始终设置为【与驱动器同向】;对于系统软件而言,坐标系方向由编码器方向与系统软件坐标系方向的相对关系决定。
- 数据间隔: 正负由回零方向决定,采用正向回零时,数据间隔为负数,采用负向回零时,数据间隔为正数。

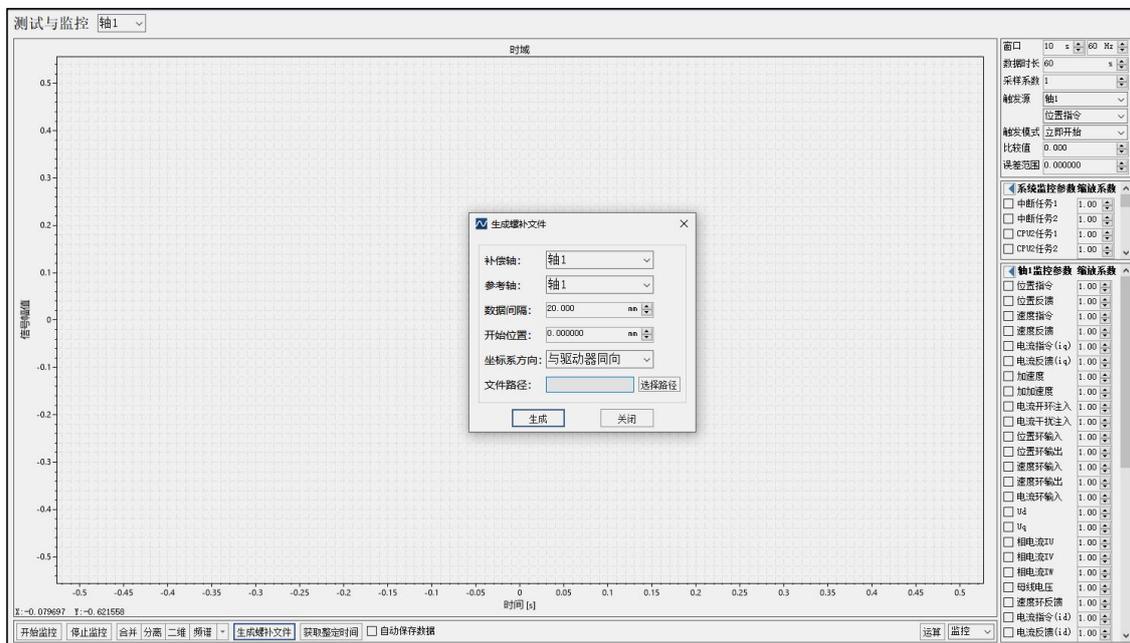


图 9-8 双驱误差校正。

步骤如下：

第 1 步 点击【龙门双驱】进入龙门双驱界面，勾选【开启平移轴】，取消勾选【开启旋转轴】，并点击右下角【设置】保存修改。



图 9-9 勾选开启平移轴

第 2 步 点击【参数管理】，在左上角下拉框选择【系统】，在【全局参数-双驱】界面将【平移轴中心位置】修改为 1，并点击左下角【设置参数】保存参数。

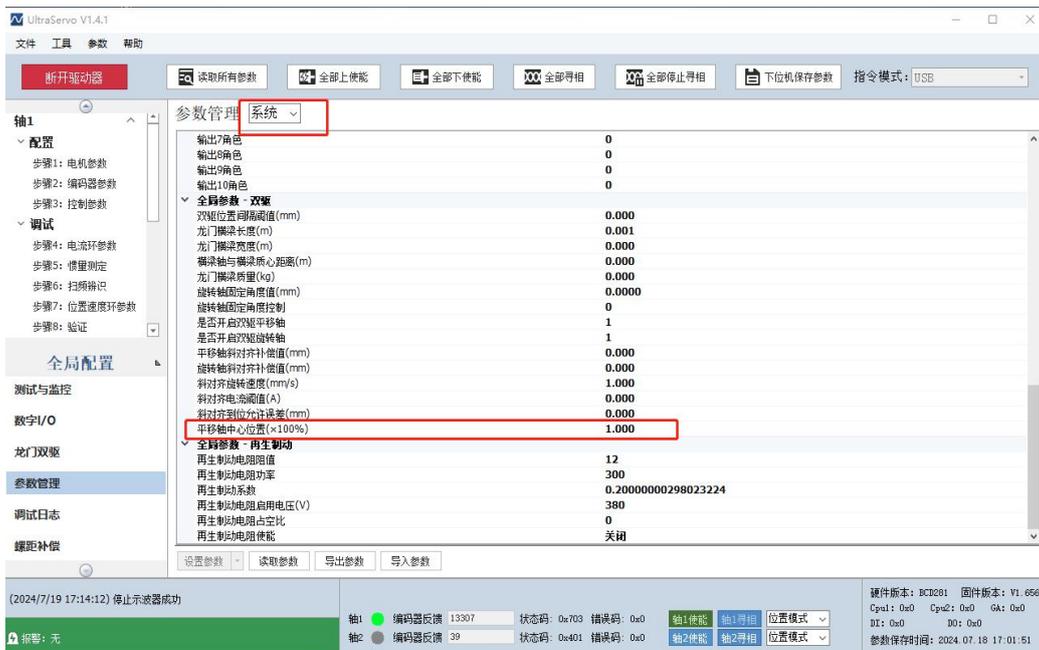


图 9-10 修改平移轴中心位置

第 3 步 保存参数后，使用系统软件或驱动器调试软件进行双驱 Y 轴回原点。

第 4 步 回原点完成后，点击进入【测试与监控】界面，勾选轴 1 和轴 2 的【位置反馈】，使用系统软件的光路调试功能或驱动器的误差校正功能，执行螺补动作并开始监控，螺补动作执行完成后停止监控。

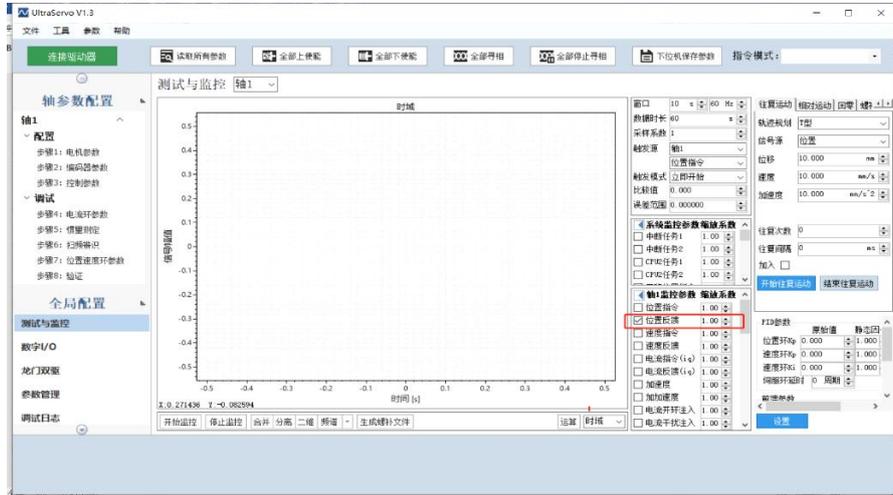


图 9-11 勾选位置反馈

第 5 步 在【测试与监控】界面点击【生成螺补文件】，跳出弹窗后，设置轴 1（平移轴）为参考轴，轴 2（旋转轴）为补偿轴，并设置补偿轴的开始位置（即最开始的位置反馈值）以及数据间隔和坐标系方向后，选择文件路径（文件格式可自主选择），点击【生成】。



图 9-12 生成螺补文件

第 6 步 生成螺补文件后，将生成的文件导入到系统软件或驱动器中（仅需导入其中之一），即可完成双驱误差补偿。

 **说明：**

1. 完成螺补后，需要将平移轴中心位置重新设置为 0.5，并开启平移轴和旋转轴。
 2. 若系统或者驱动器中已经存在误差补偿文件，双驱误差补偿文件应该在已有的误差补偿文件上叠加。
-

9.9 示波器监控

在调试和测试过程中，示波器监控可以用于观测信号形状、测量信号参数、故障诊断以及性能分析。本软件中，点击【测试与监控】使用示波器监控功能。以下是相关参数设置和功能信息说明：

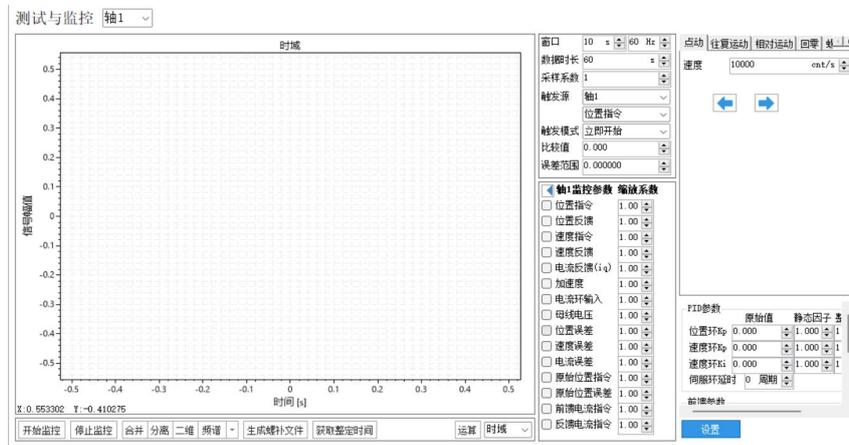


图 9-13 示波器监控

9.9.1 示波器参数

➤ 右侧顶部框内包含了示波器自身参数，包括：

- 窗口时长：监控时示波器窗口最大时长和刷新频率。
- 数据时长：监控时示波器保存数据的最大时长。
- 采样系数：示波器采样频率为驱动器的系统频率（高功率型号为 8 kHz，其余为 16 kHz）。采样系数 n 表示每 n 个点里取 1 个点，或者可以理解为每 n 秒时间里采 8 k 或 16 k 个点。
- 触发示波器开启的参数：触发源、触发模式、比较值、误差范围。

9.9.2 轴监控参数

右侧下面的框内包含了【轴监控参数】的勾选框以及对应的缩放系数。勾选想要监控的参数后，点击顶部的箭头按钮，即可更新监控通道信息至示波器下方（点击【开始监控】按钮同样会自动更新）。点击按钮右侧的两个粗体标签，可方便快速地清空监控参数或重置缩放系数。最多同时监控 16 个通道。

9.9.3 示波器控制相关按钮

- 开始监控：用于开启示波器监控。
- 停止监控：用于关闭示波器监控。
- 合并：用于将所有曲线显示在一个示波器中。
- 分离：用于将每条曲线显示在单独的示波器中。
- 频谱：用于计算并显示每条曲线的频谱。
- 二维：用于画出监控对象的二维平面曲线，可选择想要的 x 轴和 y 轴信号，勾选曲线后，点击【画图】按钮即可画出二维曲线。
- 监控：显示选框内选定后生效，可选择更多监控数据项，支持自动保存数据功能。
- 运算：可添加在线运算通道和离线运算通道，对基础通道进行基本的数学运算，方便更加直观地分析数据。

9.9.4 示波器快捷键

- 鼠标左键可拖动示波器窗口的范围。
- 鼠标右键可调整横轴和纵轴的尺度。按住鼠标右键，向左拖动，横轴被压缩；向右拖动，横轴被拉伸；向下拖动，纵轴被压缩；向上拖动，纵轴被拉伸。
- 单击鼠标中键，示波器窗口调整至合适大小，以显示所有曲线。
- 按住鼠标中键进行拖动框选，示波器窗口调整至框住的范围。

9.9.5 示波器内快捷菜单

示波器内单击右键出现快捷菜单。

- 保存数据：保存数据、保存图片以及复制图片。
- 自动缩放：与单击鼠标中键的作用相同。
- 新建窗口：将曲线显示在单独的窗口中，防止再次监控后被覆盖。
- 通道编辑器：用于编辑曲线样式、标签等。

- 开启/关闭鼠标跟踪：开启后，鼠标左键单击曲线或者右上角的 Legend，移动鼠标时可跟踪显示点的坐标。
- 开启/关闭通道隐藏：开启后，鼠标左键单击右上角的 Legend，可显示与隐藏对应的曲线。
- 隐藏所有通道：可一键隐藏或显示所有的曲线。
- 开启/关闭单轴：开启后，示波器中的每条曲线将拥有自己的纵轴。双击曲线，可选中（加粗）或释放（不加粗）该曲线，此时可通过鼠标缩放或移动选中曲线的纵轴。便于将数值量级差别较大的曲线进行比较。
- 开启/关闭游标：开启后，可拖动游标，通道信息中显示游标处的横纵坐标值，以及它们的差值。

9.9.6 通道信息

X: 11.963977 Y: 38,518.839910		F: 10.0000						
<input type="button" value="开始监控"/> <input checked="" type="button" value="停止监控"/> <input type="button" value="合并"/> <input type="button" value="分离"/> <input type="button" value="二维"/> <input type="button" value="频谱"/>		<input type="button" value="运算"/> <input type="button" value="时域"/>						
		重置1	4.269058	重置2	8.884255	差	4.615197	
POSCMD_1	缩放系数	1.0000	游标1	33,881.765625	游标2	37,748.503906	差	3,866.738281
SPDCMD_1	缩放系数	1.0000	游标1	1,000	游标2	0	差	-1,000

图 9-14 通道信息

- 监控通道名称：和右侧监控参数名称一一对应。
- 缩放系数：在监控时可手动修改缩放系数，对应通道的采样值会实时进行变化。缩放系数的初始值由右侧的监控参数栏中的缩放系数继承而来。
- 游标值：当前鼠标定位位置的值。
- 重置按钮：将游标线重置于当前示波器窗口的 1/3 处。

9.9.7 自动保存数据

测试与监控支持监控数据自动保存，通过 USB 通讯监控电机运行过程中数据并保存至指定文件夹。

操作步骤如下：

第 1 步 点击【测试与监控】，在右下角【时域】下拉框中选择【监控】，并在弹窗中输入密码（密码可向技术支持人员获取）并点击【确定】。

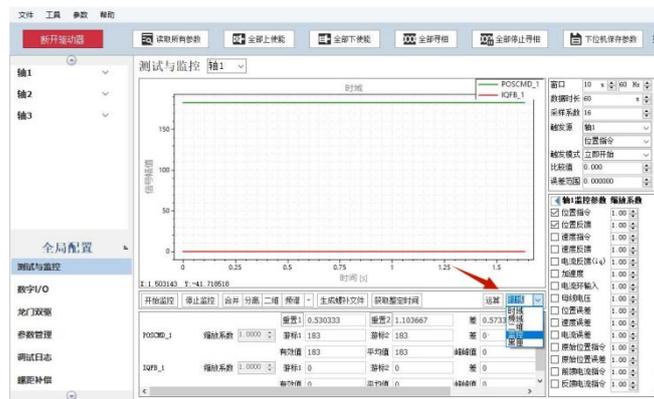


图 9-15 选择监控



图 9-16 输入密码

第 2 步 勾选【自动保存数据】。

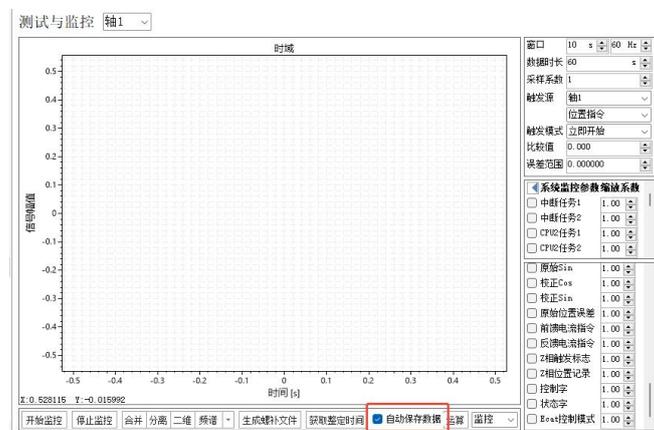


图 9-17 勾选自动保存数据

第 3 步 勾选需要监控的参数，并设置采样系数为 2。



图 9-18

第 4 步 点击【开始监控】，并在系统跳出的弹窗中点击【确定】。



! 说明:

1. 关闭自动保存数据需点击【停止监控】并取消勾选【自动保存数据】。
2. 数据默认存储位置为：D:\fsdata\UltraServo 文件夹。
3. 如果监控时间过长导致磁盘空间不足，需要及时清除对应文件下保存的数据（建议最长连续监控时间低于 12 小时）。

9.9.8 黑匣子功能

黑匣子功能可捕捉报警时刻关键信号的波形数据。在运行中出现偶发性问题时，系统将自动记录并保存报警发生前后的瞬时波形，便于快速排查问题与追踪现象。

全局参数 - 黑匣子	
黑匣子模式	关闭
黑匣子采样模式	16K/8K
黑匣子报警触发位置(点数)	0

图 9-19 黑匣子功能参数

黑匣子功能涉及参数介绍如下：

表 9-1 黑匣子功能参数

序号	参数	说明	默认值
1	黑匣子模式	支持选择【关闭】、【任意故障】。 <ul style="list-style-type: none"> ● 关闭：不启用黑匣子功能， ● 任意故障：开启黑匣子功能 	关闭
2	黑匣子采样模式	用于设置采样数据频率，支持设置为 16K/8K、4K、1K。	16K/8K
3	黑匣子报警触发位置 (点数)	用于设置报警时刻在监控数据中的位置，设置 1 代表第 1 个点为报警时刻。	0

黑匣子功能的使用步骤介绍如下：

第 1 步 开启黑匣子功能，并完成相关参数设定。

1. 选择【参数管理】→【系统】→【全局参数-黑匣子】→【黑匣子模式】，在右侧下拉三角选择【任意故障】，开启黑匣子功能。



图 9-20 开启黑匣子功能

2. 按照实际情况设置【黑匣子采样模式】、【黑匣子报警触发位置（点数）】。

第 2 步 触发报警，固件记录黑匣子数据。

第 3 步 读取黑匣子数据。

1. 点击并进入【测试与监控】页面，在页面右下方的下拉三角中选择【黑匣】，并在弹出的弹窗中输入密码，开启黑匣监控。



图 9-21 开启黑匣监控

2. 勾选需要监控的数据，点击【读取黑匣】，示波器会显示对应的监控数据。

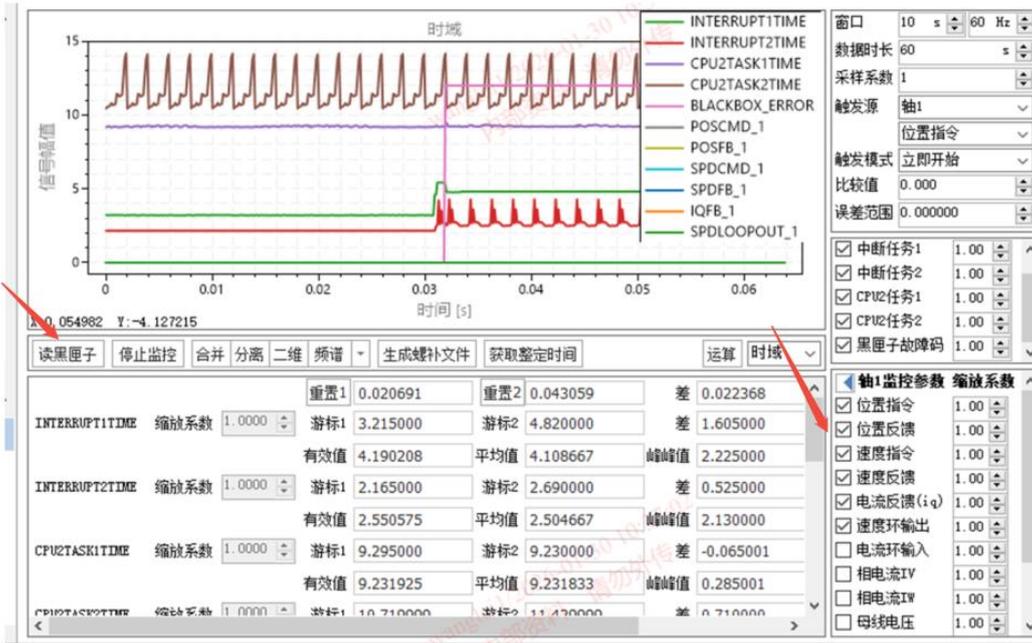


图 9-22 勾选显示监控数据

第 4 步 使用完毕后，点击【退出黑匣】退出读取黑匣子模式。

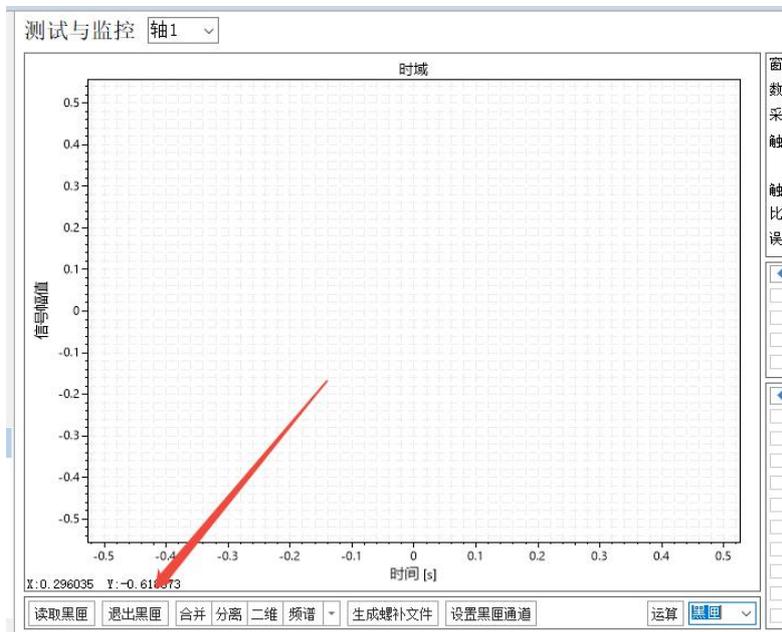


图 9-23 退出黑匣

9.10 数字 I/O

数字 I/O 是指系统与外界交互的一种方式，数字输入用于从外部设备或传感器接收信号，数字输出用于向外部设备或执行器发送信号。

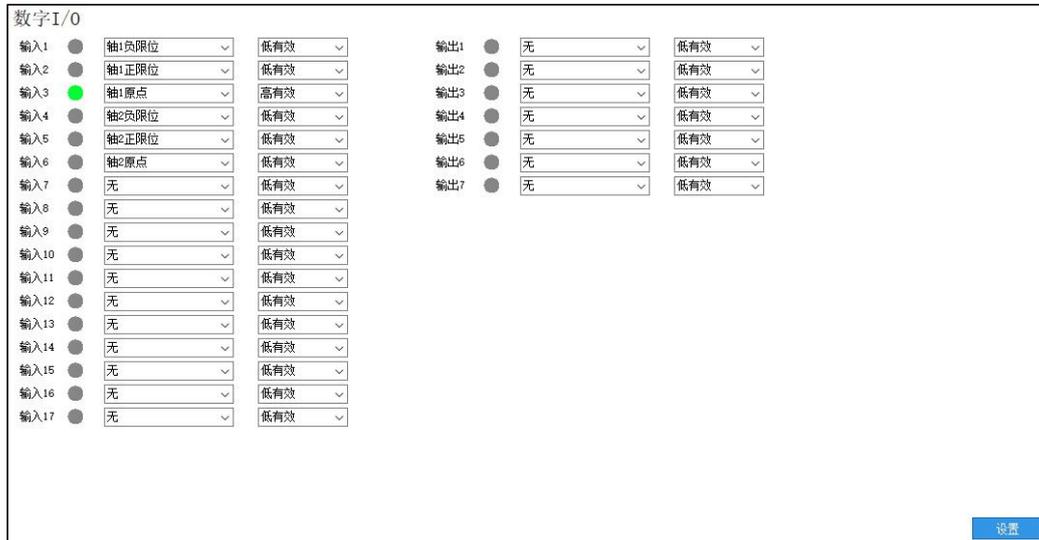


图 9-24 数字 I/O

I/O 数量：InPut x 9 + OutPut x 8。

其中，输入引脚和功能一一对应，不允许将同一功能设置到多个输入引脚上；但配置输出时，则可以将同一功能配置到不同输出引脚上，当满足条件时，所有配置该功能的引脚都会动作。

➤ 输入 I/O：轴 x 负限位、轴 x 正限位、轴 x 原点、轴 x 急停。

■ 轴 x 负限位、轴 x 正限位、轴 x 原点：对应不同回零模式的相关功能

■ 轴 x 急停：外部输入 IO 直接触发紧急制动。

➤ 输出 I/O：轴 x 报警、轴 x 抱闸释放。

■ 轴 x 报警：驱动器若有任何报警，则该输出 I/O 将有信号输出。

■ 轴 x 抱闸释放：抱闸用于防止电机在非使能状态下，由于外力作用而导致轴运动。当轴配有抱闸且需要在下使能时保持轴静止时，可开启此功能。在输出功能选择的下拉菜单里，选择抱闸释放功能和所需的极性（如选择低有效，则上使能时，对应的数字输出口是低电平，下使能时，对应输出口是高电平；如选择高有效，则完全相反）。

在本软件中，数字 I/O 相关配置如下：

表 9-2 数字 I/O 配置

	功能
电平逻辑指示灯	用于实时显示当前电平状态。
角色选择下拉框	用于设定输入/输出角色，决定数字输入/输出端口的作用。
输入/输出电平逻辑	支持选择低有效/高有效。

相关参数可参考[数字 I/O](#)。

设置步骤如下：

第 1 步 设定角色及其电平逻辑。

第 2 步 点击右下角的【设置】按钮设置参数。

9.11 再生电阻

➤ 再生能量概述

当电机（负载）急减速时，大量动能将回流至驱动器，这个过程被称为再生，而这种再生能量需要自行逐渐消散或主动吸收。

未消散的再生能量将转化为驱动器内母线电容的电能，导致电压抬升。部分工况下，电容本身能承载这部分额外的能量，系统无需配备再生电阻。

而在某些情况下（通常是由于负载和电机之间的高惯性失配），母线电容流入的能量过多，导致电容上的电压达到甚至超过过压保护阈值，进而导致驱动器被禁用甚至损坏。为防止过电压的产生并规避造成系统损坏的潜在风险，必须通过再生电阻消耗过多的再生能量。

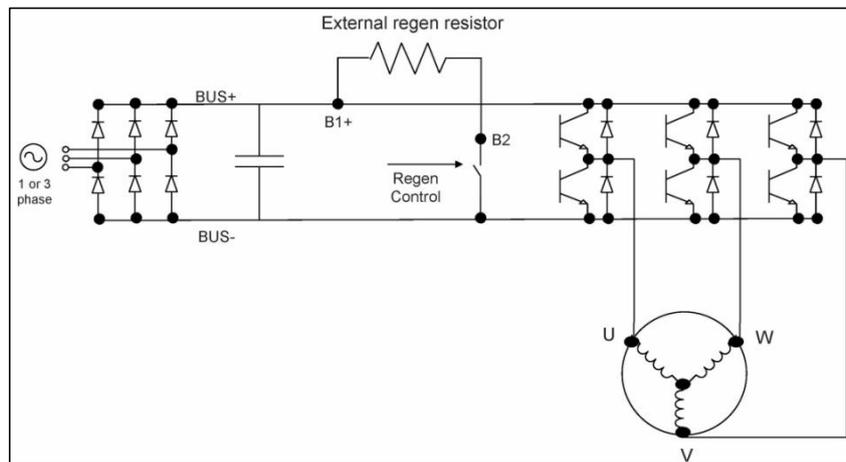


图 9-25 再生电阻工作电路

➤ 再生电阻选型

下表给出了 BCD 单轴系列驱动器不同产品的母线规格，表明其各自的母线承载能力。

表 9-3 单轴系列驱动器母线规格

驱动器型号	额定电压（母线电压）（Vdc）	最大电压值（Vdc）	可吸收再生能量（E _S /J）
BCD281	310	400	13.09
BCD351	310	400	9.805
BCD251	310	400	9.805

关于再生电阻的选型，请参照如下环节进行。

■ 第一环节：判断是否需要外部再生电阻。

运行周期加速、减速运行时再生电阻的消耗能量如下图。

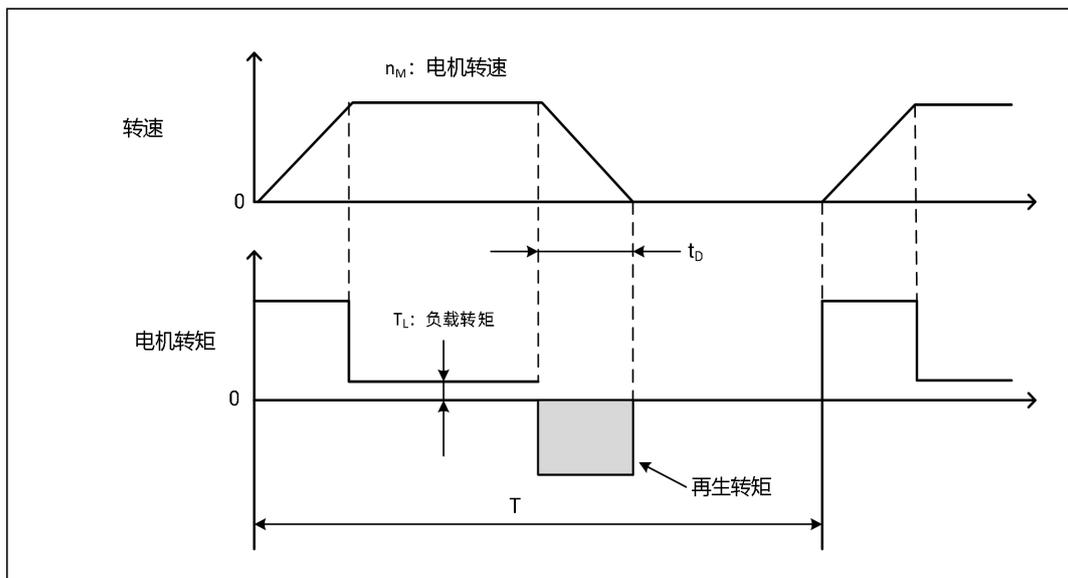


图 9-26 再生电阻器消耗能量图

第 1 步 计算每次减速返送的能量。

$$E_{dec} = \frac{1}{2}(J_M + J_L)(\omega_1^2 - \omega_2^2)$$

式中：

E_{dec} = 减速期间返送的能量（J）

J_M = 转子惯量（ $kg \cdot m^2$ ）

J_L = 负载惯量（ $kg \cdot m^2$ ）

ω_1 = 减速开始时的速度 (*rad/s* 或者 *mm/s*)

ω_2 = 减速结束时的速度 (*rad/s* 或者 *mm/s*)

第 2 步 计算电机消耗能量。

由于电流通过电机绕组电阻，部分能量被电机消耗：

$$E_{motor} = \frac{3}{2} I_M^2 R_M t_d$$

式中：

E_{motor} = 电机消耗的能量 (*J*)

R_M = 电机电阻 (Ω_{L-L})

I_M = 减速期间的电流 (*A* rms 相电流)

t_d = 减速时间 (*s*)

第 3 步 计算摩擦损耗能量。

$$E_{friction} = \frac{1}{2} T_f (\omega_1 - \omega_2) t_d$$

式中：

$E_{friction}$ = 摩擦消耗的能量 (*J*)

T_f = 摩擦力矩 (*N·m*)

第 4 步 计算需要再生制动消耗能量。

$$E_M = E_{dec} - E_{motor} - E_{friction}$$

式中：

E_M = 再生制动需要消耗的能量 (*J*)

第 5 步 比较计算算得的数值和驱动器内置电容模块的可再生吸收能量的大小，判断是否需要外接再生电阻。如需要，进入下一环节。

表 9-4 外部再生电阻判断表

型号	条件	判断
BCD281	$E_M \geq 13.09$	需要外接再生电阻
	$E_M < 13.09$	不需要外接再生电阻
BCD251/BCD351	$E_M \geq 9.805$	需要外接再生电阻
	$E_M < 9.805$	不需要外接再生电阻

■ 第二环节：计算所需的外接再生电阻参数。

第 1 步 确定再生电阻最大值。

首先确认减速时驱动器受到的反电动势影响，该值等于电机反电动势减去电机损耗：

$$V_B = K_B N - \frac{\sqrt{3}}{2} I_M R_M$$

式中：

V_B = 驱动器受到反电动势导致的电压波动 (V)

K_B = 反电动势常数 (Vrms/(m/s))

N = 减速前的电机速度 (该单位需要换算至反电动势常数对应单位) (m/s)

根据 V_B = 则有：

$$R_{Max} = \frac{V_M^2}{\sqrt{3} V_B I_M}$$

式中：

R_{Max} = 再生电阻最大阻值 (Ω)

第 2 步 确定外接再生电阻平均耗散功率。

$$P_{AV} = \frac{E_M - \frac{1}{2}C(V_{High}^2 - V_{Low}^2)}{t_{cycle}}$$

式中：

P_{AV} = 再生电阻平均耗散功率 (W)

C = 驱动器母线电容 (F) (BCD281: $C=0.004069F$; BCD251/BCD351: $C=0.003069F$)

V_{High} = 迟滞点：再生制动电阻启用电压 (V)

V_{Low} = 迟滞点：再生制动电阻关闭电压 ($V_{Low} = V_{High} - 20V$)

t_{cycle} = 减速间隔时间与减速时间 t_d 之和 (s)

第 3 步 确定外接再生电阻峰值耗散功率。

$$P_{PK} = \frac{V_M^2}{R_{Regen}}$$

式中：

P_{PK} = 再生电阻峰值耗散功率 (W)

R_{Regen} = 再生电阻阻值 (Ω)

第 4 步 根据计算结果配置合适的再生电阻，并正确接线，接线请参照：[再生电阻接线](#)。

第 5 步 正确接线后，请于 UltraServo 软件完成相关参数设置，参数设置请参照下文。

> 再生电阻模块参数

UltraServo 全局参数界面下再生制动功能模块参数及其含义如下表：

表 9-5 再生电阻模块参数表

UltraServo 参数	功能	对应参数	参数含义
再生电阻使能	0: 再生模式关断 1: 再生模式开启	/	选择开启, 则启动再生制动功能
再生电阻阻值	/	R_{Regen}	选用再生电阻阻值 (Ω)
再生电阻功率	/	/	选用再生电阻功率 (W)
再生系数	/	内部设置为 0.2	考虑再生电阻本体的发热及安全, 进行功率降额设计, 默认为自然风冷 (对应 0.2)。如果对再生电阻采用了强制风冷或水冷等散热处理方式, 可上调该系数。散热效果越好, 系数可越靠近 1。
再生电阻启用电压	/	V_{High}	再生电阻启用电压 (V), 当母线电压上升到该值, 再生制动启动, 避免电压进一步升高。
再生制动电阻占空比	/	/	设置为 0 即可, 该参数仅作为预留, 暂未有实际效果。

➤ 再生电阻参数设定

连接驱动器，完成再生电阻接线后，设定再生电阻参数的步骤如下：

第 1 步 点击左下栏【参数管理】，进入参数管理界面；

第 2 步 在参数管理界面上方下拉框选择【系统】，进入系统参数设置；

第 3 步 在系统参数设置界面后，下拉到最下方，按照实际接入的再生电阻设置参数；

第 4 步 点击【设定参数】，使得参数生效。

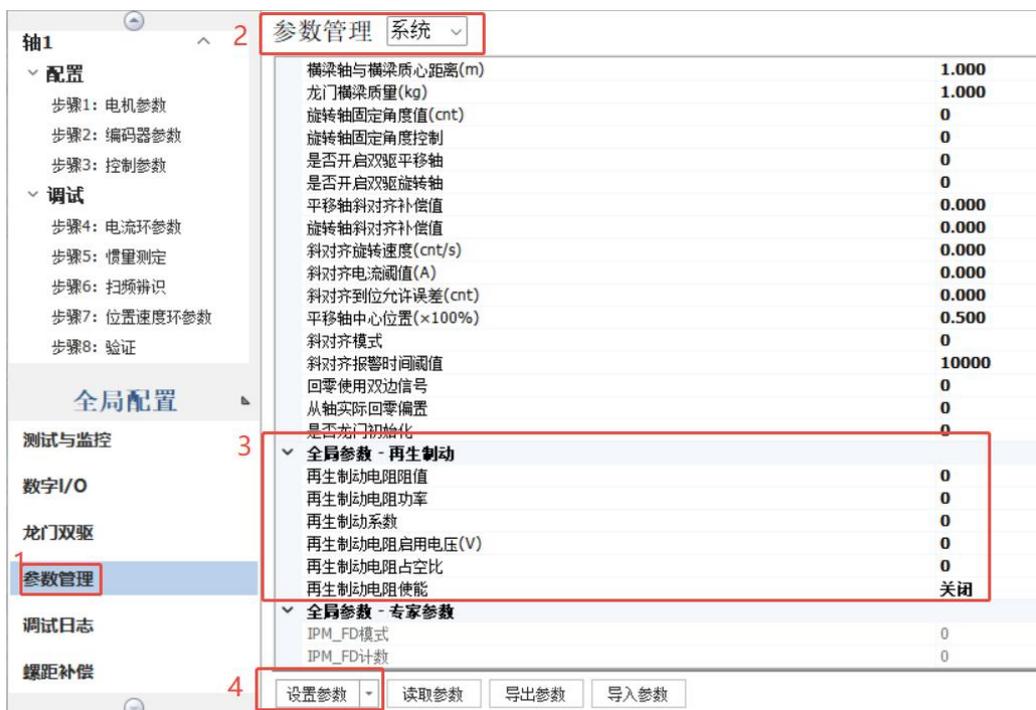


图 9-27 再生电阻参数设置步骤

➤ 再生电阻过载保护

在再生制动过程中，再生电阻会承担较大的功率及电流。驱动器内部会根据上述设定参数计算一个过载保护阈值，当再生电阻承担的能量大于保护阈值时，驱动器将会报警。此时，应适当调整再生电阻模块的参数或所选用外部再生电阻的规格。

⚠注意：过载保护触发后可能同时触发驱动器高压/过压报警。

9.12 调试日志

调试日志是系统开发和运作中用于记录程序执行过程中发生事件的一种工具,显示了用户在操作过程中的日志信息。在本软件中,调试日志功能如下:

导出日志: 可将当前日志信息导出用户选择的路径中, 保存为*.txt 格式文本文件。

- 清除日志: 将当前日志信息全部清空。
- 运行时间: 驱动器累计运行时长。
- 清空报警: 清除报警记录信息。
- 获取报警记录: 点击后, 获取最近的 30 条报警记录。



图 9-28 调试日志

第 10 章 调试方法

10.1 快速调试流程

快速调试流程旨在帮助用户迅速而有效地启动并配置伺服驱动，确保其正常运行。

在本软件中，可以根据以下调试步骤进行调试。所有步骤描述仅针对单个轴，比如轴 1。在调试完毕一个轴后，可同理调试下一个轴。调试时，需要保持主机与 BCD 单轴系列产品的 USB 连接。

第 1 步 正确连接驱动器后，打开 UltraServo 软件，软件界面如下图所示：

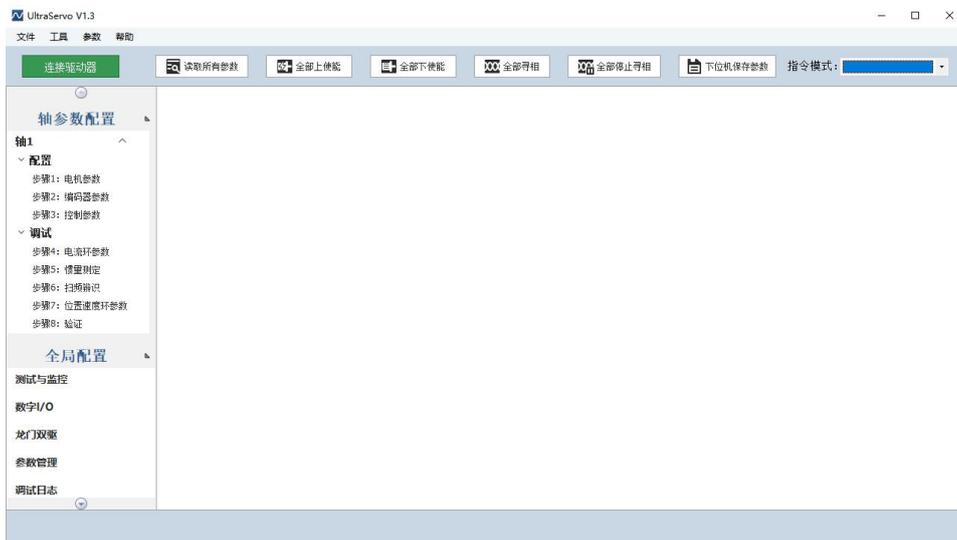


图 10-1 UltraServo 软件界面

第 2 步 点击绿色的【连接驱动器】按钮，待其变为红色的【断开驱动器】按钮后表明连接成功。

第 3 步 切换【指令模式】为【USB】。

第 4 步 依次完成【轴参数配置】的 8 个环节（具体见下文），完成调试。

10.1.1 电机参数配置

第 1 步 打开左侧【轴参数配置】，根据当前调试的轴号，依次打开下拉菜单【配置】→【电机参数】，进入电机参数设置界面。



图 10-2 电机参数设置

第 2 步 选择轴号和电机类型，并根据所使用电机（本手册以旋转电机为例说明）的数据手册设定电机参数。

第 3 步 设定全部参数后，点击【设置】按钮保存参数。

第 4 步 保存的同时，软件会自动计算生成电流环参数的初始值，在弹窗界面保存即可。电流环参数初始值为后续调整电流环参数提供参考值。

如需对电机的保护参数或其他参数进行修改，可在【全局与配置】→【参数管理】界面进行设置。

10.1.2 编码器参数配置

第 1 步 点击【编码器参数】，进入编码器参数设置页面。



图 10-3 编码器参数设置

第 2 步 根据使用的编码器选择【编码器类型】、【编码器方向】和【等效编码器输出】。

第 3 步 通过数据手册获取所使用旋转电机的编码器的 CPR（count per round，每圈计数），以该数值作为电机的【反馈脉冲当量】；若使用直线电机，则单位为 cnt/mm。

第 4 步 设置寻相相关参数。下图展示了默认数值，通常无需调整。若负载较大，寻相电流和寻相停留时间可以在此基础上进一步提高(例如寻相电流 1 A, 寻相停留时间 3000 ms)。



图 10-4 设置寻相相关参数

第 5 步 参数设置完毕后，点击【设置并寻相】，电机将断续运动一小段时间，该轴寻相完毕。

若寻相失败，软件界面左下角将出现下图所示报警，应当检查前一步电机参数设置是否正确。点击【清除报警】后，可再次点击【设置并寻相】。



图 10-5 寻相失败报警

若寻相成功，该报警窗口中的“轴 1 未寻相”字样将会消失。而当全部轴均寻相成功时，报警窗口将变为绿色，如下图所示：



图 10-6 寻相成功

10.1.3 控制参数配置

第 1 步 点击【控制参数】，进入控制参数设置页面。



图 10-7 控制参数设置

第 2 步 设定参数。

3. 指令脉冲当量：依据前一步的反馈脉冲当量填写。具体可根据“指令脉冲当量=反馈脉冲当量 × 100”进行计算。此处以反馈脉冲当量的 100 倍作为指令脉冲当量，提高了“精插补算法”的颗粒度，可以有效提高控制精度。

4. 控制模式：通常默认选择位置模式。

第 3 步 设置完毕后，点击【设置】保存参数。

10.1.4 电流环参数配置

本环节的调试目标是设置符合需求的电流环参数。电流环参数需满足如下要求：上升时间（电流反馈上升到最大值所需的时间）在 0.5 ms 以内且尽可能短、调整时间短（达到稳定状态的时间）、稳态误差为 0、稳定时抖动在 ± 0.003 A 以内、没有超调或者超调较小（10%以内）。

第 1 步 点击【电流环参数】，进入电流环参数设置页面。

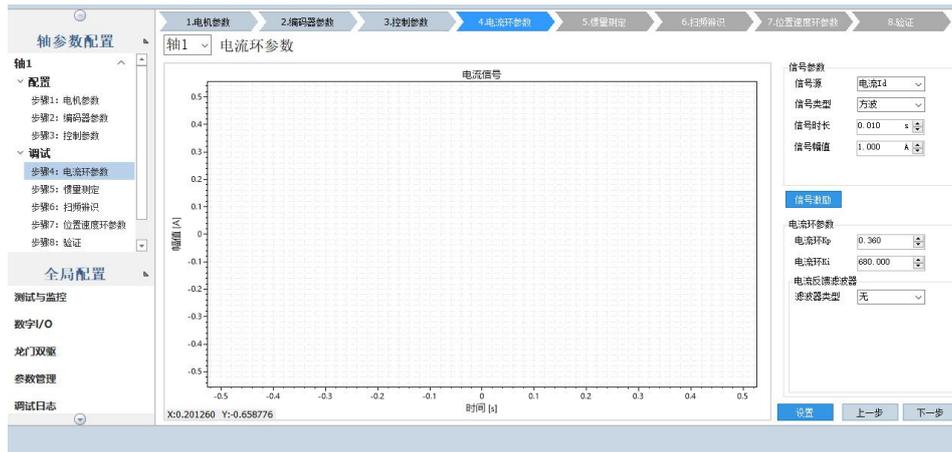


图 10-8 电流环参数设置

第 2 步 查看参数。

1. 信号参数保持默认值。默认状态下，【信号源】选择电流 I_d ，【信号类型】选择方波，【时长】和【幅值】为 0.01 s 和 1 A。
2. 电流环参数显示设置电机参数后生成的初始值，后续调整以此为参照。

第 3 步 通过调整，设置符合需求的电流环参数。

1. 将【电流环 Ki】设置为 0，仅保留【电流环 Kp】，点击【信号激励】，当前界面将显示电流指令和电流反馈的对比曲线。通过滚动鼠标滚轮、按住鼠标右键拖动、或者按住鼠标中键框选可缩放界面，重点观察曲线的上升阶段。如下图所示，红线为电流反馈 IDFB，绿线为电流指令 IDCMD。在当前数值下，电流反馈稳定值时数值为 0.8 A。

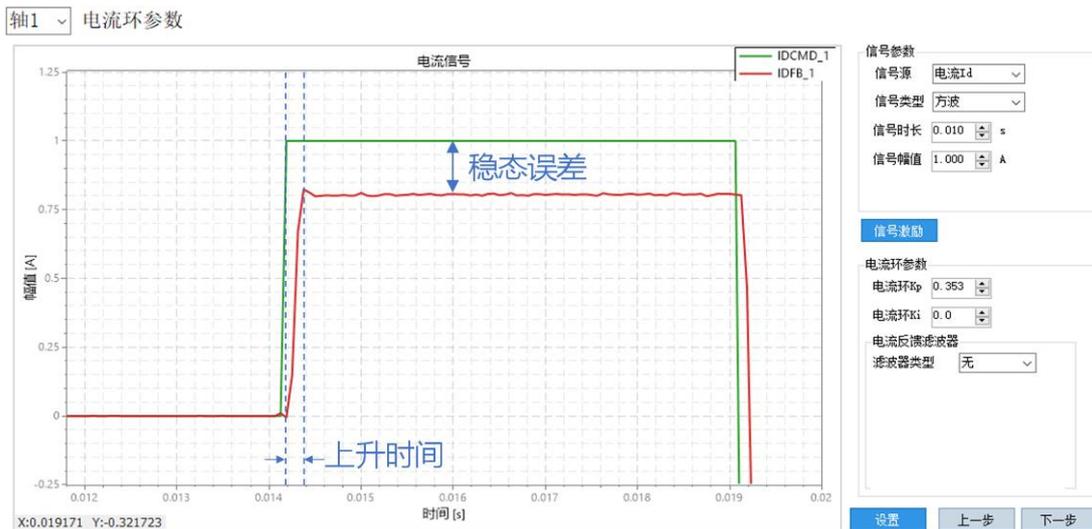


图 10-9 电流指令和电流反馈的对比曲线

2. 当稳定值 < 1 时，可逐渐增加电流环 Kp，反之同理，推荐每次变化在 $\pm 10\%$ 左右。如下图所示，当【电流环 Kp】增大至 0.41 和 0.47 时，稳态值分别为 0.83 和 0.85，并且尖峰开始逐渐增大。



图 10-10 电流指令和电流反馈的对比曲线 (a)



图 10-11 电流指令和电流反馈的对比曲线 (b)

- 随后，保持【电流环 Kp】不变，开始调整【电流环 Ki】。若上升时间过长 (>1 ms)，如下图 c 所示，则可增大【电流环 Ki】的值；若超调过大 (>10%)，如图 d 所示，则应减小【电流环 Ki】的值。

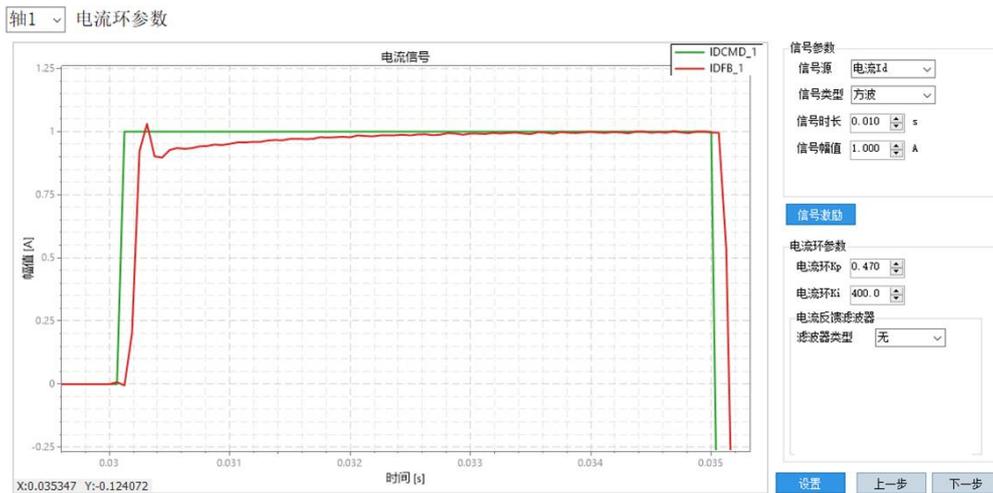


图 10-12 电流指令和电流反馈的对比曲线 (c)

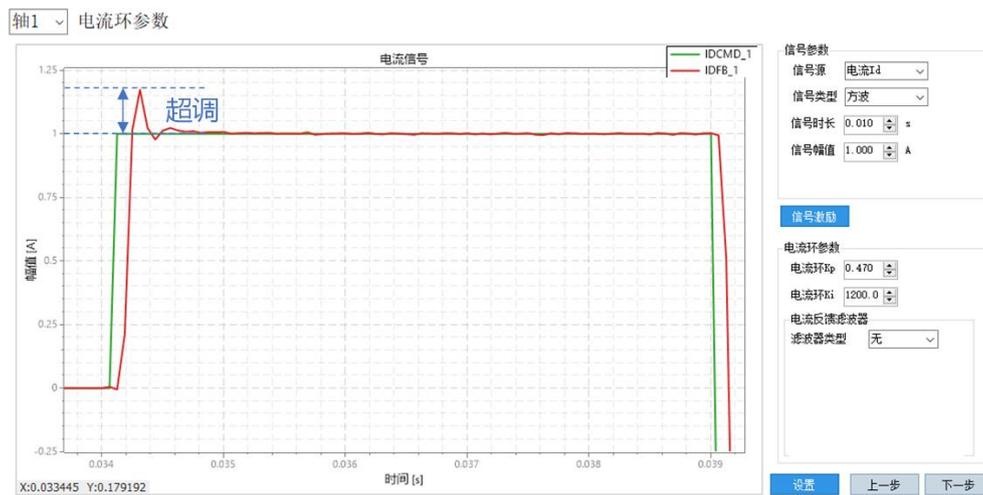


图 10-13 电流指令和电流反馈的对比曲线 (d)

4. 最终，达到与如下图近似的曲线时，即可认为当前电流环参数较好，该环节调试成功。

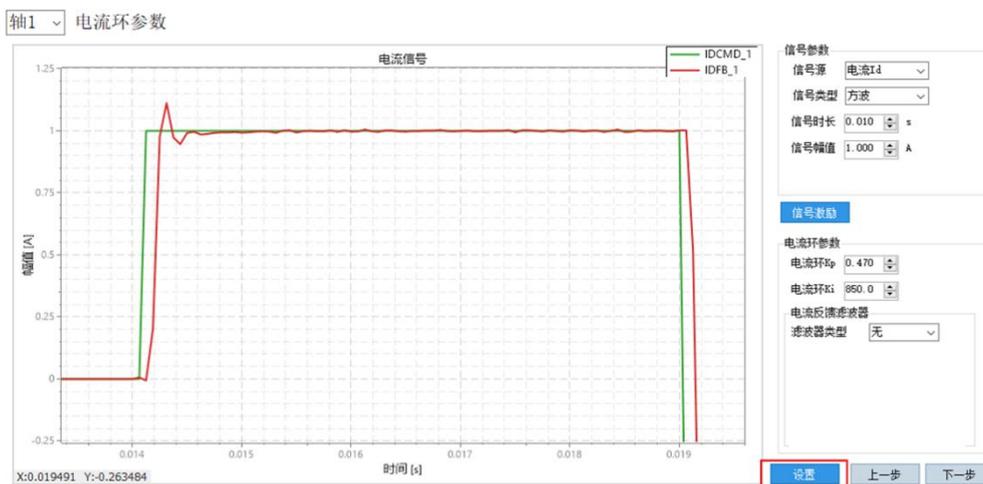


图 10-14 电流环参数设置成功示意图

10.1.5 惯量测定

第 1 步 点击【惯量测定】，进入惯量测定页面。

第 2 步 设置信号参数，包括【信号幅值】和【信号时长】，通常保持默认值。默认状态下，信号幅值为 2.5 A，信号时长为 0.05 s。

第 3 步 点击【开始惯量测定】执行惯量测定。获取有效值并应用。

点击【开始惯量测定】，系统执行惯量测定，并自动在主页面生成数据，观察数据中的【置信度】值。若该次数据的置信度超过 80%，则可认为测定有效，予以保留（尽量高于 90%）；若置信度不够，则可略微提高信号幅值，略微降低信号时长，直到置信度满足要求。

每条数据可以进行【应用】和【删除】操作。【应用】用于将对应的惯量参数设置到驱动器中，【删除】用于将对应的结果从表格中删除。



图 10-15 置信度设置

获得三组及以上有效惯量测定数据后，于平均值一栏点击【应用】，惯量测定数值将自动写入惯量参数一栏并生效。

此外，也可以在【惯量参数】模块中手动调整惯量参数，调整后点击【设置】将惯量参数设置到驱动器中使参数生效。

10.1.6 扫频辨识

第 1 步 点击【扫频辨识】，进入扫频界面。

第 2 步 进行参数设置，需设置的参数见下图红框内所示。通常无需调整，但对于工作在大电流下的电机可适当增加扫频电流幅值。

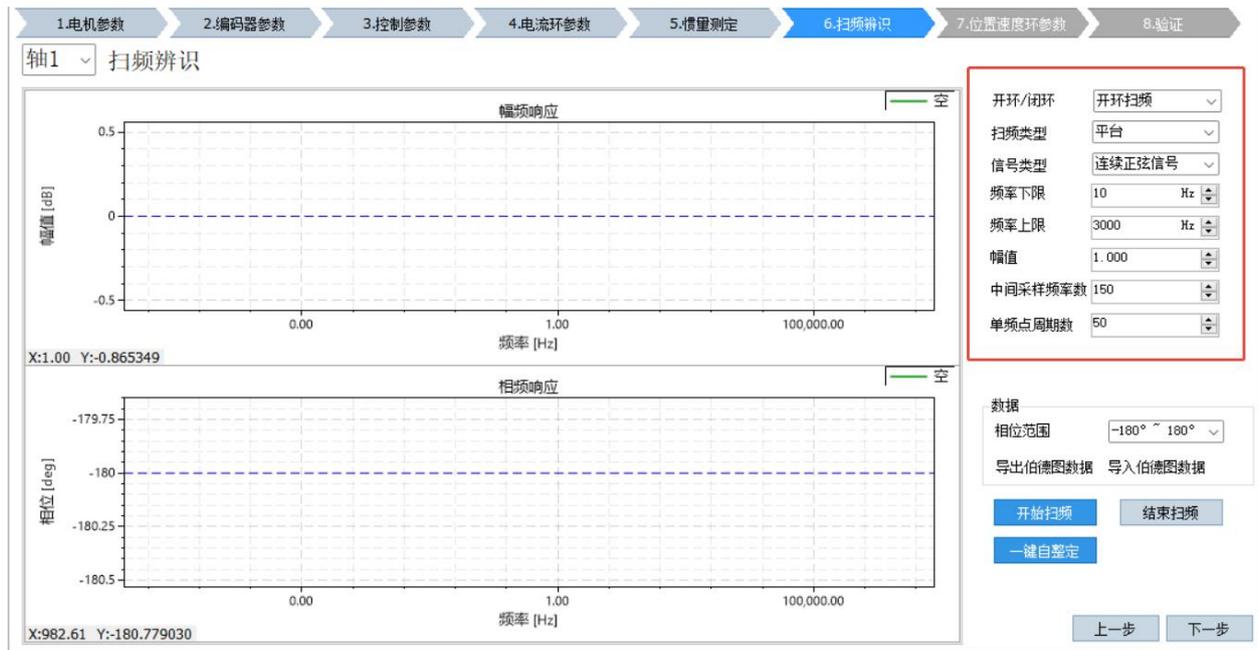


图 10-16 扫频界面参数设置

第 3 步 执行扫频操作。

点击【开始扫频】，对所设置频率范围内可能存在的共振点进行检查。

扫频过程通常持续 3 – 5 分钟。过程中，轴会逐渐抖动，响声也会逐渐尖锐，属于正常现象。若希望减少抖动，可以提高频率下限；同理，若希望减弱尖锐响声，可以减低频率下限。但提高频率下限可能导致自整定的参数刚性偏低；降低频率下限可能导致无法识别到高频的共振点，自整定后仍有高频异响。轴停止抖动且响声消失，左下角日志提示扫频结束，则代表扫频已经完成。

若过程中出现扫频失败，则需要重新拔插 USB 接口后，再次进行扫频。

第 4 步 查看扫频结果，主界面可以看到设定频率范围内的幅频、相频曲线，如下图所示。

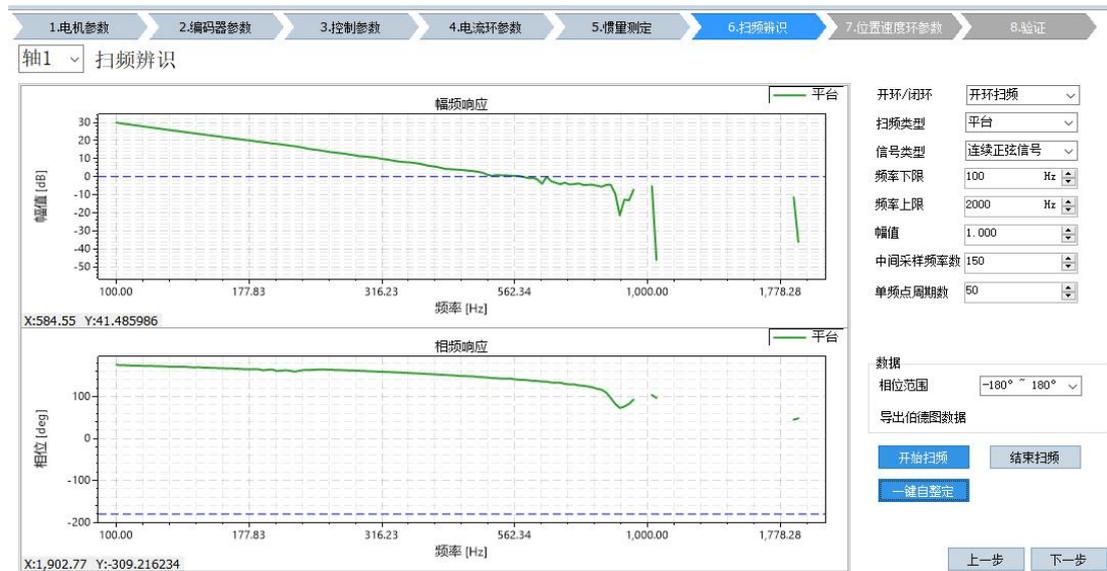


图 10-17 扫频完毕的幅频、相频曲线

进行【开环扫频】时，频率响应曲线在高频率时出现了断点和不连续，是因为编码器分辨率相对较低，或这些频点为反共振点，导致检测到的位置或速度信号为非正弦。若想改善这种有断点的情况，可以改为【闭环扫频】（前提是当前的位置速度环参数设置合理不会引起振动；可先用开环扫频用较低的激进等级自整定一组参数），这样一来系统的反馈环路可以稳定系统响应，增加位置和速度信号的平滑度，保证信号在扫频测试频率范围内的连续性。

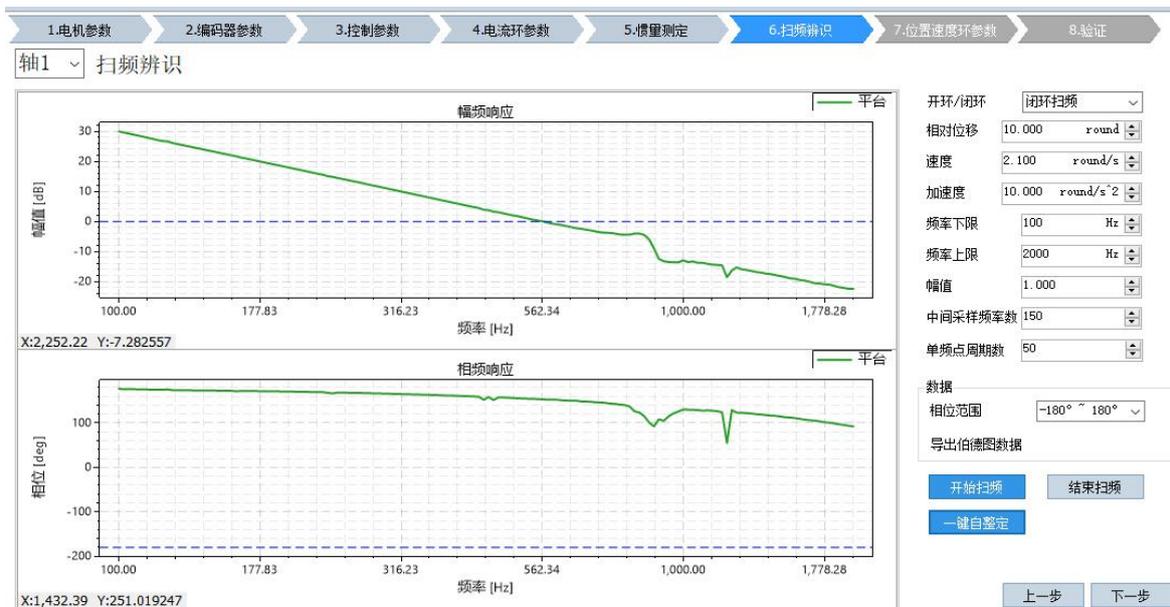


图 10-18 设置闭环扫频

第 5 步 扫频结束，可使用【一键自整定】功能，自动整定位置和速度环参数。具体操作方法见[一键自整定](#)。

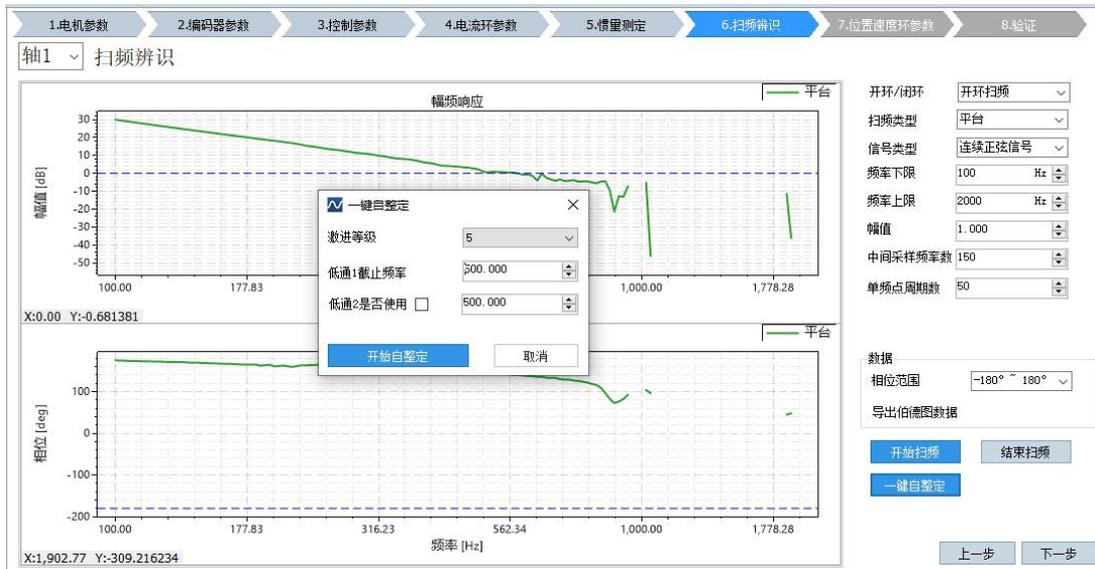


图 10-19 一键自整定

10.1.7 位置速度环参数配置

第 1 步 点击【位置速度环参数设置】，进入如下图所示界面。

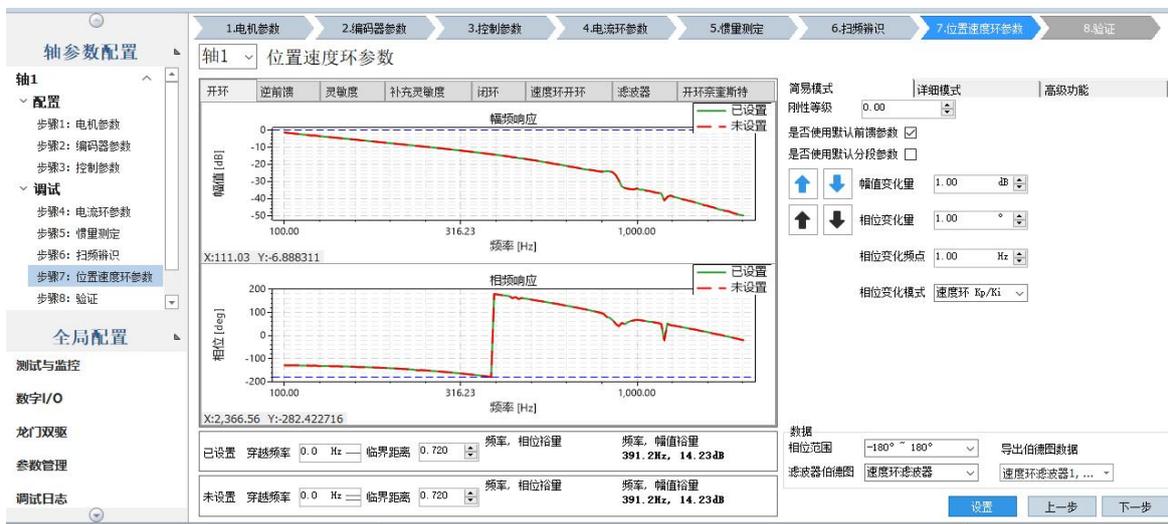


图 10-20 位置速度环参数设置

经过上一步的一键自整定，位置速度环参数已经被自动设置。可直接进入下一步进行 USB 模式下的点动、空移或者切换为总线控制模式进行运动，监控位置误差验证控制精度，并通过听声音以及监控电流反馈的方式检验控制稳定性。

10.1.8 验证

第 1 步 点击【验证】，进入示波器界面，测定整体的参数调试结果。

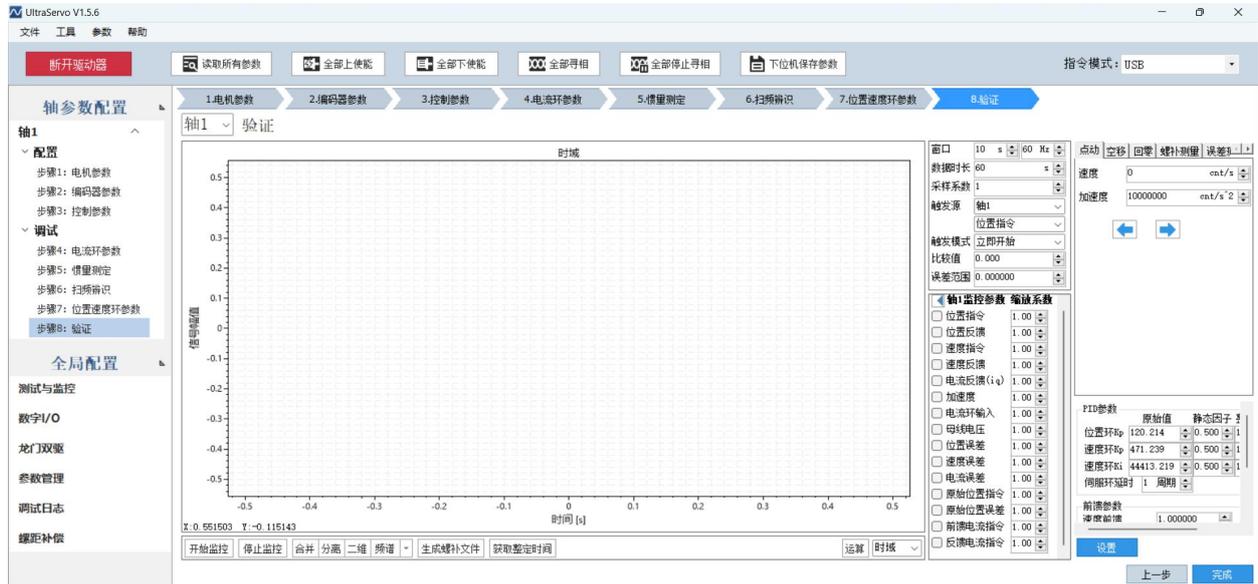


图 10-21 示波器界面

第 2 步 选择需要监控的参数。

于监控参数栏中勾选需要监控的参数，如母线电压、相电流和速度反馈等，支持同时监控多个参数。



图 10-22 监控参数设置

第 3 步 切换模式为【速度模式】，点击【轴 1 使能】，轴 1 绿灯亮起。

第 4 步 点击【开始监控】，主界面显示参数的当前值。

同时监控多个参数，且不同参数的信号幅值数量级存在差异时，可以自行调整缩放系数，使得参数在数量级上等同，清晰显示波形。

举例说明如下：母线电压为 310 V，相电流为 10 A。同时监控时，由于共用坐标轴，相电流波形会被压缩至难以观察。此时，可将相电流的缩放系数设置为 10，显示为 100 A，波形得以清晰显示，便于观察。

第 5 步 运动模式选择【点动】，点击轴 1 使能，并切换模式为【速度模式】，电机的脉冲当量自行设定速度（推荐值为反馈脉冲当量的 1 倍-10 倍），避免电机运转过快发生撞轴现象。点击箭头，电机将正/反转，可于示波器界面中观察参数变化。

第 6 步 若监控参数表明效果不够理想，或者运行过程中明显听到异响，通常需要进一步进行位置速度环参数的优化调节，直至满足要求为止。

若控制精度不够（表现为位置误差较大），可采用更高“激进等级”进行一键自整定或者手动整定的方式提高控制增益。

若空移时有明显的声音，可通过监控电流反馈或电流环输入信号、点击频谱进行频谱计算、观察频谱的峰值确定共振频率，以该频点为中心频率添加陷波滤波器来抑制振动。此外，也可以使用较低的“激进等级”进行一键自整定或者手动整定等方式提高系统裕度来减小振动。

第 7 步 点击【完成】，该轴调试完毕。

第 8 步 将指令模式修改为 EtherCAT 模式，并点击状态栏中的使能按钮将其置为深红色，于上位机系统软件中对该轴进行误差测定，相关具体操作请参照软件使用手册。

第 9 步 验证完该轴性能且满足要求后，可回到第一步对下一个轴开始新的调试。

10.2 一键自整定

一键自整定用于调整伺服驱动得到控制参数，以优化性能。它通过在执行系统辨识后，分析系统响应，计算并应用最佳控制参数，有助于快速实现高效、稳定的系统运行。

使用一键自整定功能快速调试驱动器的步骤如下：

第 1 步 沿用快速调试流程中的 6 个调试步骤（参见 9.1 [快速调试流程](#)），即从电机参数到惯量测定。

第 2 步 扫频。可默认使用开环扫频，采用默认参数。若扫频结果的低频段较平缓（不为 -40dB/decade ）或者扫频有断点，且电机工作时的额定电流较大，可适当增大扫频电流的幅值重新扫频。若想减少扫频的断点，可在已经有一套能够平稳控制轴运动参数的基础上进行闭环扫频。

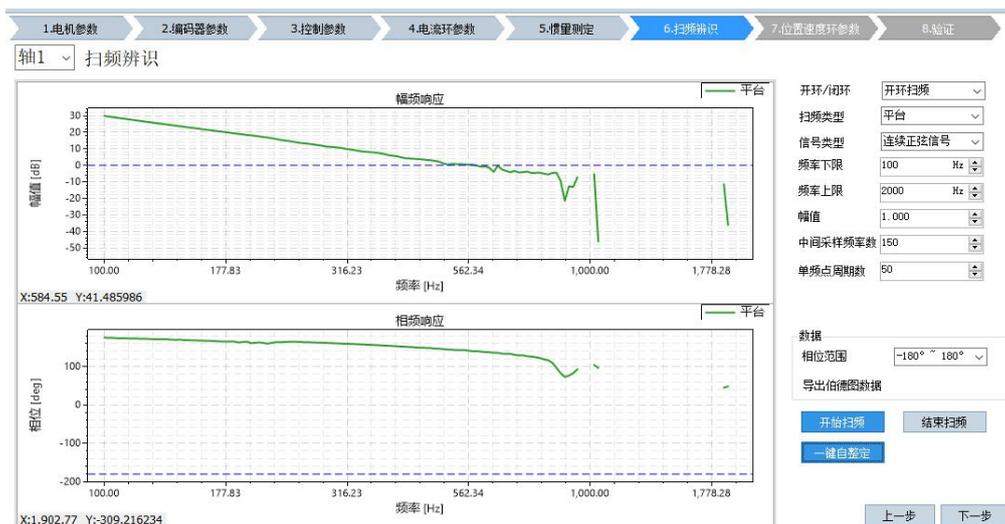


图 10-23 扫频

第 3 步 扫频完成后，点击【一键自整定】，并在弹窗中设置自整定参数。一般情况下使用默认参数即可，提供以下接口供调整：

- 激进等级：范围 2 – 8，值越大，跟随性越好，鲁棒性越差。
- 低通滤波器 1 必须使用，可以调整其截止频率。
- 低通滤波器 2 是否使用可选，若使用，可以调整其截止频率。

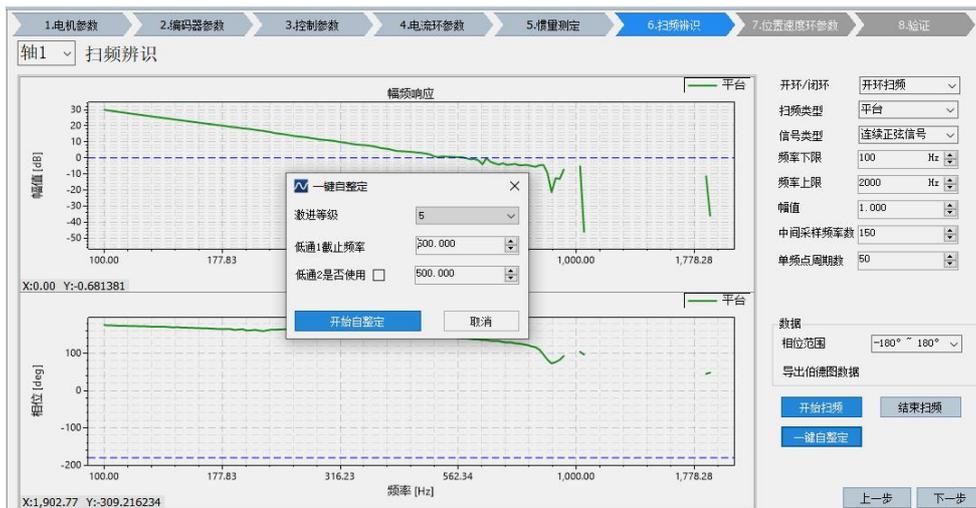


图 10-24 设置自整定参数



图 10-25 一键自整定

第 4 步 点击【开始自整定】，会弹出“自整定中，请稍等”界面。待界面消失，整定结束。

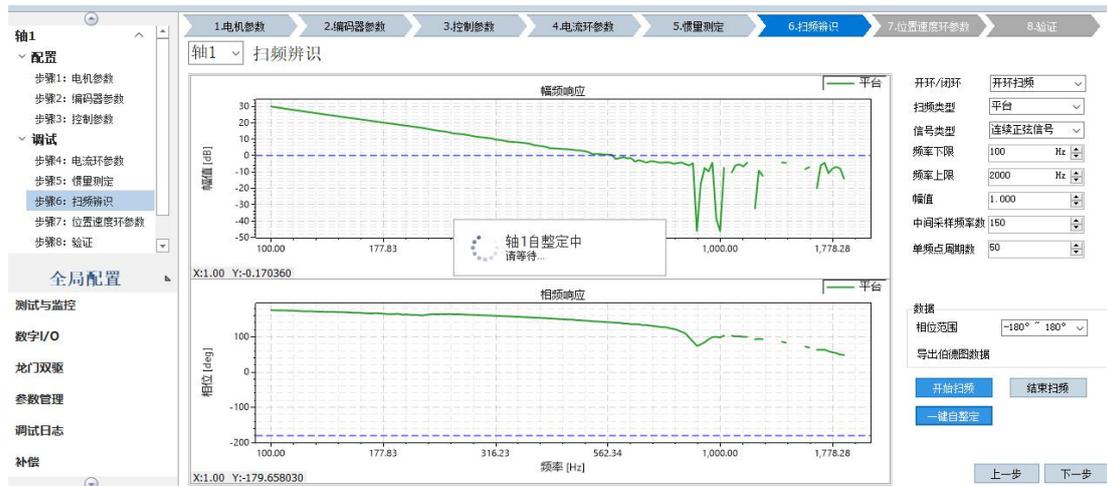


图 10-26 开始自整定

10.3 手动整定

当一键自整定的控制响应结果无法满足要求时，比如控制精度不够高或者轴运动时有异响，可采取手动整定的方式调整位置速度环参数，优化控制响应。

系统的刚性和稳定裕度是相互矛盾的。刚性越高，系统的跟随性能越好，控制精度越高，运动时的位置误差越小，但系统的稳定裕度越差，越容易出现异响、振动、不稳定等情况。刚性越低，系统的跟随性能和加工精度越差，但系统的稳定裕度更好，不容易出现异响，对外界干扰、负载变化、温度变化的承受能力更高。因此，调试是为了找到参数的平衡点，折中考虑控制刚性与稳定裕度。机械结构、编码器反馈精度、电机性能等因素决定了控制刚性能够达到的最大值。

刚性与位置环 K_p 、速度环 K_p 、速度环 K_i 和速度环低通滤波器的截止频率直接正相关，这些参数越大，刚性则越高。系统的稳定裕度可以用临界距离、相位裕度和幅值裕度来表示，这些值越大，系统的稳定裕度越高。通常认为相位裕度的绝对值大于 30° 、幅值裕度大于 8 dB 是比较安全的值，若低于此值，在对应的频点附近可能出现空移时异响，此时可以通过监控电流环输入或电流反馈并计算频谱的方式，测得异响频率（通常为峰值最大处）是否在稳定裕度较低的频率附近。若是，可采用添加陷波滤波器等方式抑制振动。

手动整定在【步骤 7：位置速度环参数】界面进行，软件设置【简易模式】、【详细模式】供用户选择，提供【高级功能】供用户使用。

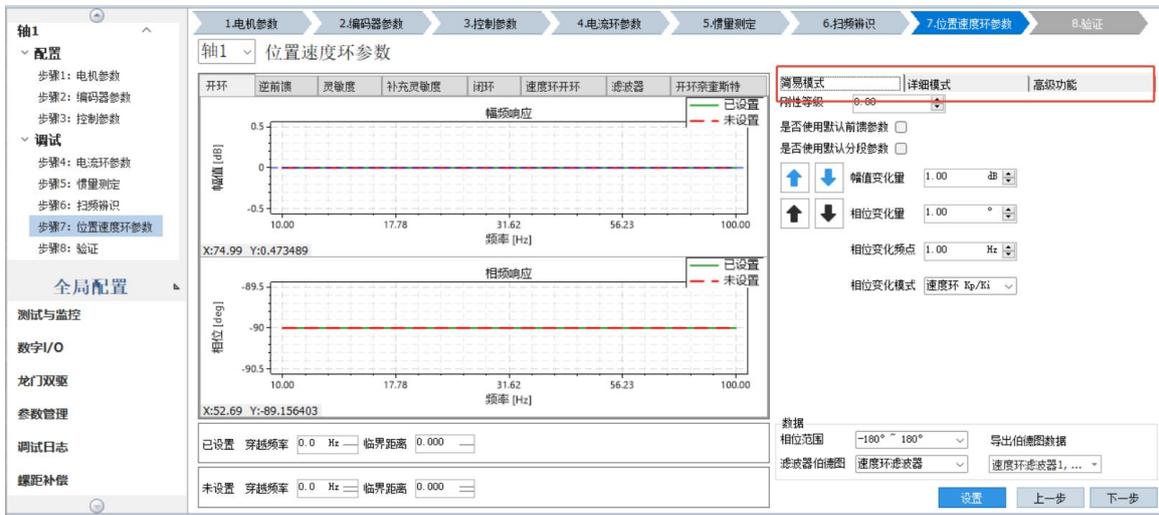


图 10-27 位置速度环参数界面

主界面显示各个传递函数的频响，每个频响包含两条曲线，分别为已设置（绿线）和未设置（红线）。修改参数时，可以看到红色曲线发生偏移，它代表当前改动生效后的结果；绿色曲线作为当前数据对应的结果，在调整参数时始终不变，作为参照对比，如下图所示。点击【设置】后，参数改动生效，即原本的自整定参数被修改为手动调整后的参数，绿色曲线将与红色曲线重合。

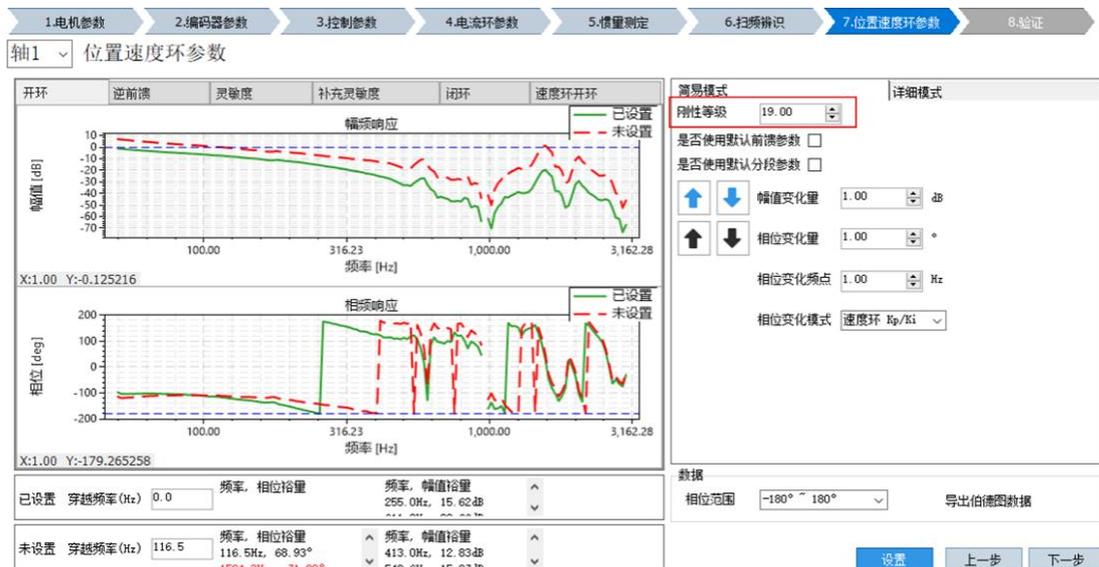


图 10-28 位置速度环参数

10.3.1 简易模式

【简易模式】页面提供辅助调试计算工具，用于修改【详细模式】页面下的参数，包括刚性等级参数计算、默认参数设置、PID 参数辅助调试工具（蓝色与黑色箭头）。



图 10-29 简易模式

- 刚性等级：每次选定【刚性等级】，软件会自动生成一组 PID 与低通滤波参数并修改详细模式中对应的参数值。从 PID 与低通滤波参数并不能反推刚性等级，因此刚性等级的数值本身不会作为参数保存在驱动器中，而只是用于简便快速地调试以及评估当前刚性的高低。机械性能越好，刚性等级可以越高，通常不低于 17 级。
- 是否使用默认前馈参数：勾选时，速度前馈、加速度前馈会修改为 1。
- 是否使用默认分段参数：勾选时，静态因子会修改为 0.3，整定因子会修改为 1。
- 辅助调试箭头：蓝色箭头和黑色箭头可分别用于微调幅值和相位，设定好单次变化量后，每次点按箭头将单步执行一次变化，使 PID 参数在当前参数的基础上发生微调。

10.3.2 详细模式

手动整定的核心参数均位于【位置速度环参数】界面的【详细模式】页面下，包括 PID 参数、前馈参数以及滤波器参数。



图 10-30 手动整定的核心参数

➤ PID 参数

位置环 Kp、速度环 Kp、速度环 Ki 以及速度环低通截止频率，手动调试时建议整体提升或降低，因为它们对跟踪性能和系统裕度是综合影响的。

1. 位置环 Kp: 值越大，位置的跟随性能越好，对相位和幅值裕度影响较大。
2. 速度环 Kp: 值越大，速度的跟随性能越好，对幅值裕度的影响较大。
3. 速度环 Ki: 值越大，到位整定的速度越快，但值过大易引起振荡，对相位裕度影响较大。
4. 静态因子: 静止时对应 PID 参数的增益切换比例系数。当静止状态出现轴抖动时，可在 0 - 1 范围内改小该值，用于消除静态抖动。
5. 整定因子: 到位整定阶段时 PID 参数的增益切换比例系数。当整定时间不够时，可在一定范围内提高该值，用于提升到位整定时间。
6. 到位整定时间: 用于定义到位整定阶段的持续时间，从指令到位时刻开始计数。
7. 伺服环延时: 用于调整位置、速度环与前馈之间的延时关系。

➤ 前馈参数

1. 速度前馈：速度环输入的速度指令比例系数。设置为 1 即可，用于消除匀速运动阶段的位置、速度滞后。
2. 加速度前馈：加速度指令对应的前馈电流比例系数。默认设置为 1，用于减小加减速阶段的位置误差。当需要提高整定时间时可微调该系数。
3. 阻尼前馈：速度指令对应的前馈电流比例系数。用于平衡电机运动时的阻尼力，默认设置为 0，对控制精度起微调作用。

➤ 滤波器参数

■ 参数说明

1. 速度环滤波器：通常采用 1 个低通+若干陷波或双二阶的形式设置。其中，低通用于调节整体的刚性和稳定裕度，截止频率越高，整体的幅值裕度越小，相位裕度越大。陷波或双二阶用于抑制共振，提升异响频点处的稳定裕度。
2. 前馈滤波器：精插补模式 1（默认）下不开启。若采用精插补模式 0，可设置为低通滤波器，截止频率参考值为 200 Hz。
3. 速度反馈滤波器：默认不开启。当出现编码器异常情况时，比如栅距不均匀，可添加低通或陷波滤波器。

10.3.3 高级功能

【高级功能】页面包含针对特定场景所需要的高级算法参数，包括指令滤波、DRC、干扰抑制和振动抑制。

图 10-31 高级功能

➤ 指令滤波

指令滤波是通过特定的滤波器来平滑伺服驱动中的控制指令，可以降低原始位置指令的加速度、加加速度变化过快造成的冲击，提升整定时间并减少噪声和振动，从而改善系统性能，通常在小圆加工和点到点快速整定到位时使用该功能。

指令滤波共支持两种指令滤波模式：移动平均和 FIR 低通。其中，移动平均涉及 1 项参数，为移动平均指令滤波点数。FIR 低通涉及 2 项参数，为 FIR 低通指令滤波点数和 FIR 低通指令滤波截止频率。指令滤波点数越大，指令越平滑，但加工形变越大，到位延时越大。截止频率越低，运动冲击越小，但加工效率越低。

⚠注意：控制多个轴时，每个轴的指令滤波参数应设置为相同的值，以避免轨迹曲线扭曲变形。

■ 移动平均滤波

通过计算输入信号的时间窗口内的平均值来平滑数据，可以有效减少短期的波动或噪声。参数如下：



图 10-32 移动平均滤波设置

1. 移动平均指令滤波点数。该参数决定了在移动平均滤波器中用于计算平均值的数据点数量。

点数越多，滤波效果越强，能有效地平滑信号，但也会相应地增加响应时间和延迟。

■ FIR 低通滤波

滤波器允许低频信号通过，而阻止高频信号，从而减少高频噪声或振动。参数如下：



图 10-33 2.FIR 低通滤波设置

1. FIR 低通指令滤波点数：该参数是指在 FIR 低通滤波器中使用的系统或点的数量，影响滤波器的阶数和滤波效果的精细程度。点数越多，可以实现更精确的频率截断，但计算复杂度也更高。
2. FIR 低通指令滤波截止频率：该参数定义了 FIR 低通滤波器阻止高于此频率信号的界限。截止频率决定滤波器允许通过的最高频率，频率低于此值的信号将被保留，而高于此值的信号将被削减或消除。

➤ DRC 参数：用于提高低频段增益。

1. DRC 带宽：指系统对抗动的观测带宽，数值越高，在速度环中的观测越快。
2. DRC 增益：默认设置为 1，用于配合实际模型调节增益，可以提高补偿精度。

➤ 高级抗扰

抗扰是指系统能够抵抗内部和外部干扰，保持稳定和准确性的能力。在伺服系统中，这通常意味着减少各种干扰（如负载变化、摩擦力、电气噪声等）对系统性能的影响。

本软件支持通过干扰抑制和振动抑制来实现抗扰。干扰抑制是通过观测系统的输入和输出来预测干扰，并动态调整控制器的行为，进而抵消干扰的影响以及提升响应速度。振动抑制则是通过计算来提取干扰信号，并补偿到速度反馈中，抑制 100 Hz – 1000 Hz 的中频振动，提升运动平稳性。

抗扰的相关参数如下：

1. 追踪带宽：决定追踪干扰的最高频率。
2. 干扰抑制增益：用于缩放抑制干扰所使用的电流大小。开启后，默认为 1。
3. 抗扰模式：确定抗扰所使用的输入信号，是使用位置输入还是速度输入。
4. 振动抑制频率上限和下限：定义抑制振动的频率范围，只有在设定范围内的振动会被有效抑制。设定为 0 Hz 表示对振动抑制频率的范围不作限制。
5. 振动抑制增益：用于调整振动抑制功能的强度，振动抑制效果越明显。
6. 振动抑制补偿增益和频率：用于调整振动抑制的细节。调整补偿频率处振动抑制的强度以及振动抑制中补偿抑振的频率（通常用于额外的高频振动）。

使用干扰抑制和振动抑制的参数参考值如下：

- 干扰抑制：抗扰模式可设为位置型或速度型，追踪带宽为 200 Hz，干扰抑制增益为 1，干扰抑制滤波器类型为低通，截止频率为 500 Hz。
- 振动抑制：抗扰模式可设为位置型或速度型，追踪带宽为 200 Hz，振动抑制增益为 1，振动抑制频率上下限、补偿频率和补偿增益均为 0。

此外，在干扰抑制中，估计得到的干扰会通过干扰抑制滤波器，我们可以根据干扰的特性和系统需求，选择不同类型的滤波器，如低通、高通或陷波滤波器等，以最佳方式抑制干扰。

10.3.4 案例说明

10.3.4.1 抑制振动调试案例

下面举例说明添加速度环的陷波或双二阶滤波器用于抑制振动消除异响的方法。

给出如下所示的开环传递函数的幅频图，在调整刚性等级至 19 后，幅频响应曲线（红线）存在多个尖峰，且其中一个峰已经超过 0 dB（此类尖峰通常会导致共振）。要求通过添加滤波器实现以下目标：尽量没有向上的峰，若有，则峰值不高于-8 dB。

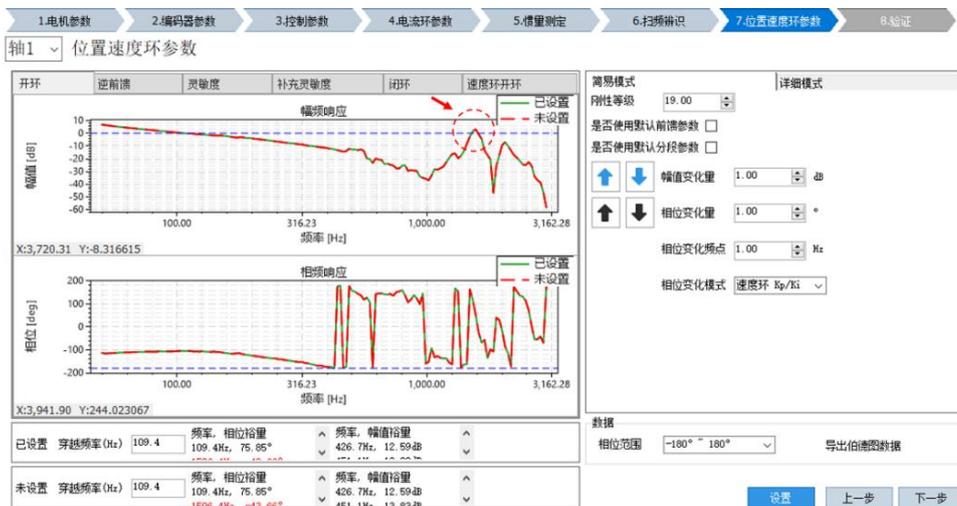


图 10-34 开环传递函数的幅频图

第 1 步 在曲线界面右击，选择【开启鼠标跟踪】。

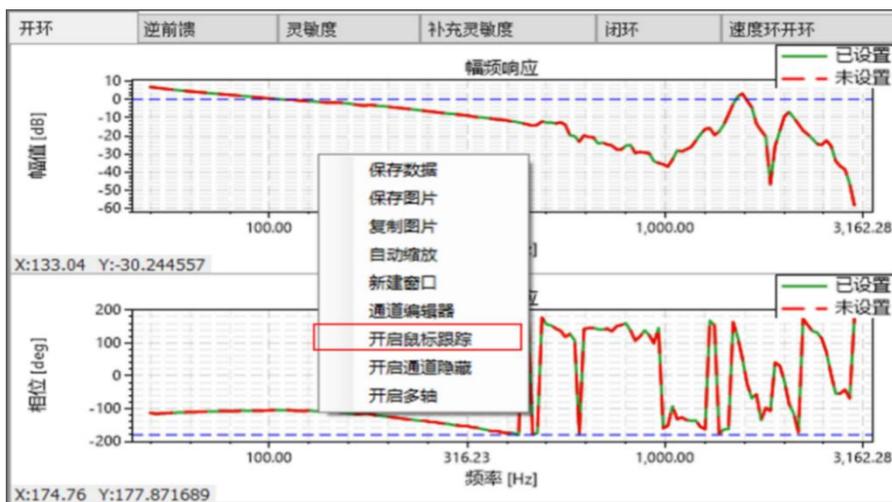


图 10-35 开启鼠标跟踪

第 2 步 鼠标定位至尖峰处，获知尖峰的共振频率（峰值处的横坐标）约为 1560 Hz，如下图所示：

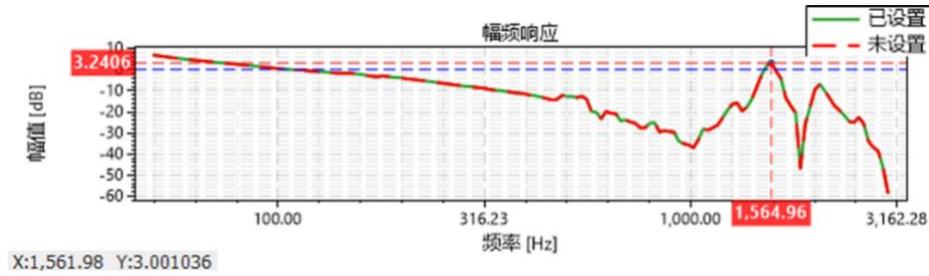


图 10-1 尖峰的共振频率图

第 3 步 设定滤波器参数，观察幅频响应图，不断调整参数，直到观察结果符合要求，点击【设置】保存参数。

● 共振频率 > 1000 Hz 的尖峰

- ◆ 将滤波器类型设置为【陷波】，并把陷波参数给的比较大。
- ◆ 若需要的陷波深度比较大，推荐使用双二阶滤波器，原因是双二阶滤波器可以在更大的范围内对幅值进行调整。此时，滤波器类型选择【双二阶】，并按照如下方法设置参数。方法：【分子频率】与【分母频率】均设置为共振频率后，不断调整【分子阻尼比】与【分母阻尼比】的数值。整体而言，“分子阻尼比/分母阻尼比”越小，陷波的深度越大；而比值不变的情况下，分子越小，陷波的宽度越窄。观察幅频响应的红色曲线，不断微调参数，如下图所示：

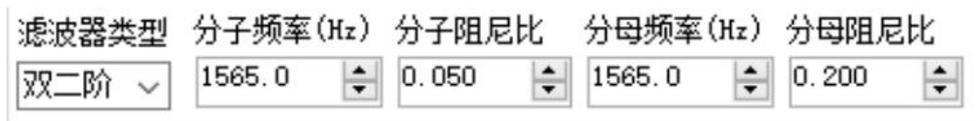


图 10-2 双二阶滤波器的参数设置

在该滤波器参数设计下，观察发现 1565 Hz 处的尖峰明显得到了抑制（红线），降低为 -8 dB 以下，如下图所示。点击【设置】即可保存修改。

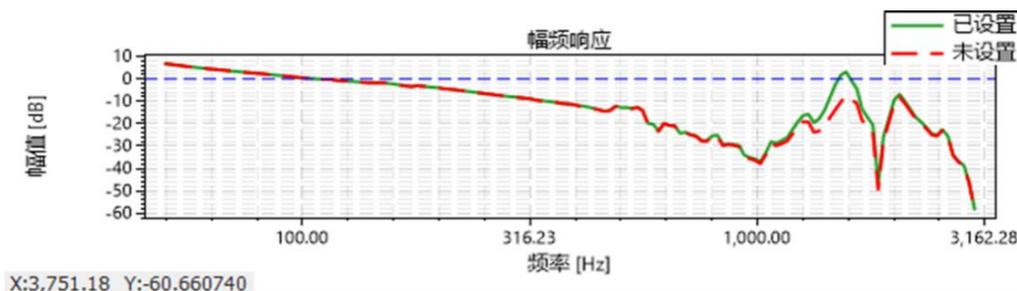


图 10-3 尖峰得到抑制的示范图

- 对于共振频率 $\leq 1000\text{Hz}$ 的尖峰，推荐使用【陷波】滤波器。



图 10-4 陷波滤波器的参数设置

添加该类型滤波器前，需计算所需抑制尖峰的宽度和深度，计算方式见下图。陷波，即一个凹陷波形，可以与尖峰相互抵消，将中心频率设置为与共振频率一致，宽度覆盖该尖峰，深度保持一致，即可使尖峰“凹陷”下去，变得平坦。

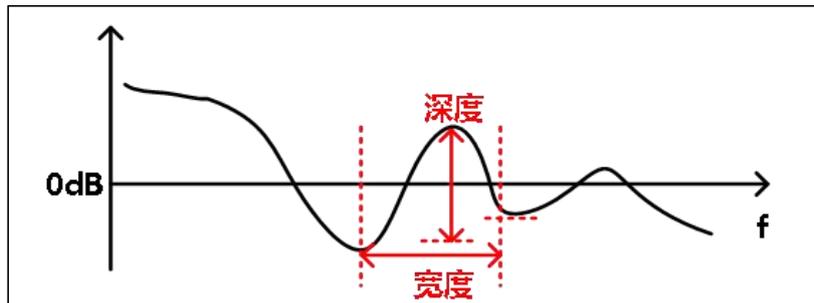


图 10-5 尖峰的宽度和深度关系图

10.3.4.2 BCD125B DD 马达调试案例

调试前确认 UltraServo 软件版本为 1.5.5 及以上，驱动器固件版本为 V3.953 及以上。不符合要求时，可以执行升级。

调试步骤说明如下。

第 1 步 参数备份。

1. 连接驱动器，指令模式选择【USB 模式】，点击【文件】→【导出参数到文件】，将文件命名为【XX 机台初始参数】，选择对应文件夹后保存。

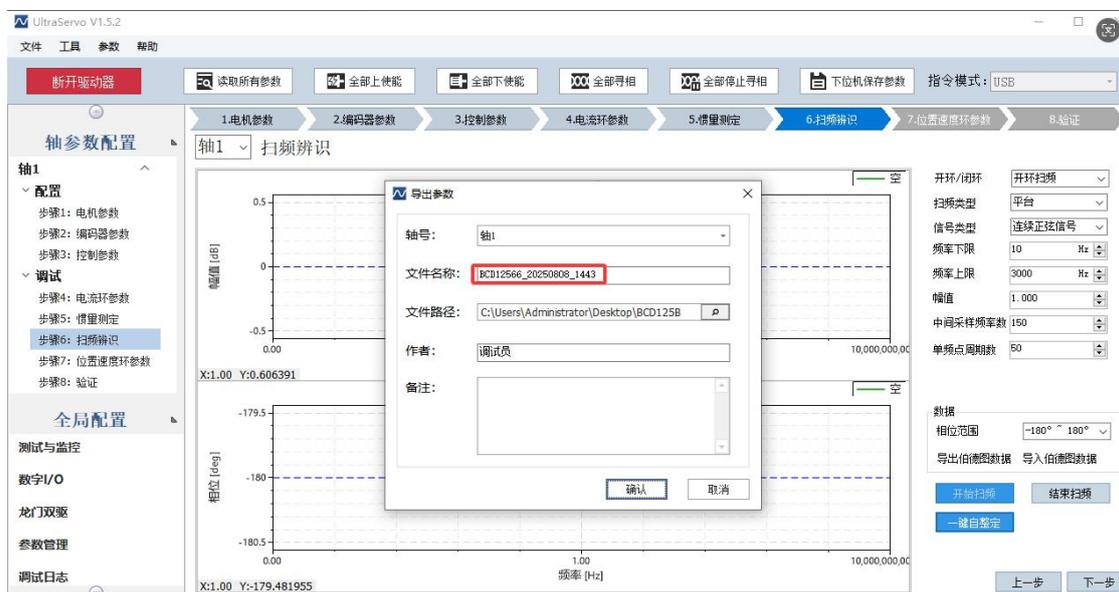


图 10-6 保存文件

2. 点击【文件】→【从文件导入参数】，选择相应模板参数文件并应用。

第 2 步 设置电机参数并寻相。

设置电机参数及编码器参数，设置指令模式为【USB 模式】，点击【轴 1 寻相】完成寻相。



图 10-7 完成寻相

第 3 步 惯量测定。

1. 点击【开始惯量测定】。
2. 查看惯量测定结果，并调整参数。参数有信号幅值与信号时长，若第一次测定的结果置信度不高，可适当增加信号幅值（推荐一次增加 0.5 左右，不能超过额定电流），信号时长一般不调整，应用连续三次惯量测定置信度高于 80% 的平均值。

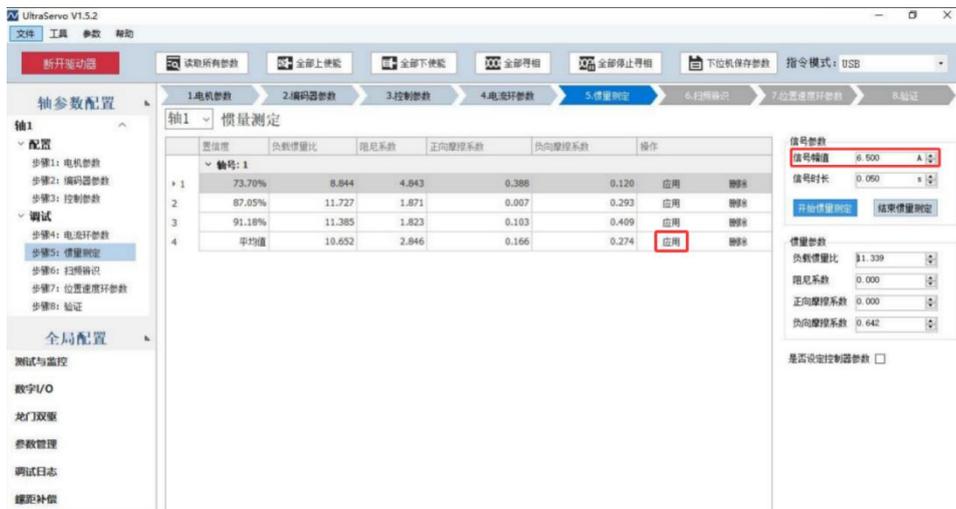


图 10-8 惯量测定

第 4 步 扫频。

点击并进入【扫频辨识】，参数通常无需改动，点击【开始扫频】（持续 5min 左右），扫频结束后，点击【一键自整定】自动调整环路参数。



图 10-9 扫频

第 5 步 设置位置速度环参数。

1. 点击并进入【位置速度环参数】界面，查看【临界距离】、【相位裕度】和【幅值裕度】是否满足要求，要求为：临界距离参数 > 0.5 ；幅值裕度和相位裕度无标红。

如果出现幅值裕度或者相位裕度标红，可通过修改 PID 参数调整，具体参数及推荐值见下表说明。

表 10-1 PID 参数及推荐值

参数	推荐值
位置环 Kp	≤ 180
速度环 Kp	≤ 750
速度环 Ki	≤ 130000

具体调整方法说明如下：

- 当幅值裕度不足时，可依次采取以下措施：

优先降低位置环 Kp，建议每次减小约 10，逐步调整并观察效果；

其次，可降低速度环 Ki，建议每次减小约 5000，逐步调整并观察效果。

建议在调整过程中实时观察幅值裕度变化（当幅值裕度 > 8 dB 时不再标红），通过对比判断哪个参数对裕度提升更为敏感，并针对性地降低该参数。

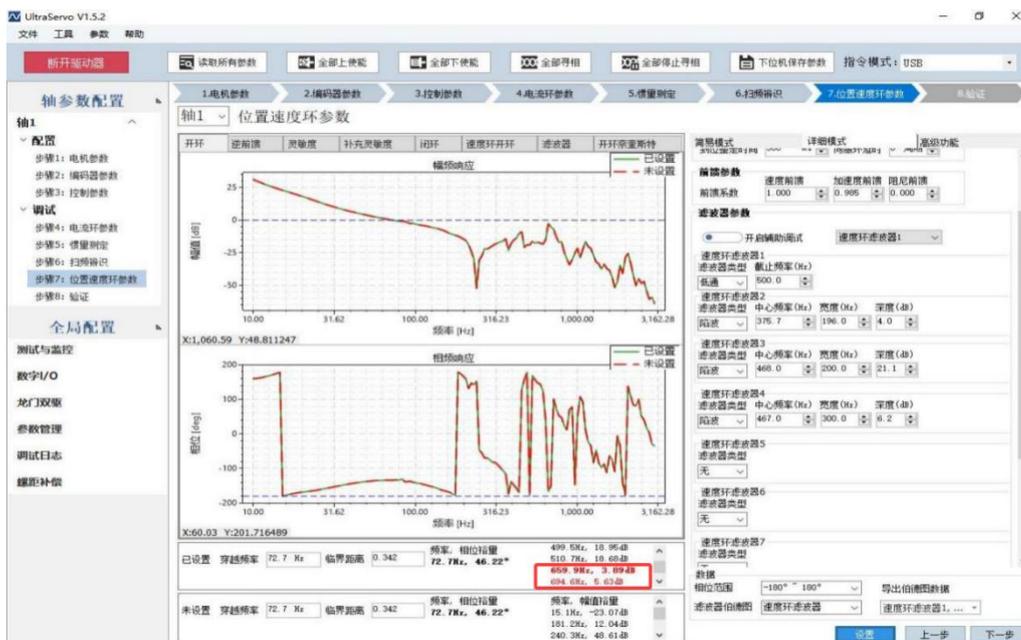


图 10-10 相位裕度标红图示

➤ 当相位裕量不足时，请按以下步骤调整：

- a. 确定频率段：先查看相位裕度不满足要求的频率区间。
- b. 对比滤波器频段：
 - 若该频率段与超前滞后滤波器的设置频段相近，可适当增大滤波器角度（建议每次增加约 1° ），并观察相位裕度变化。
 - 若频率段与滤波器频段相差较大，则参照幅值裕度不足的调试方法进行处理。

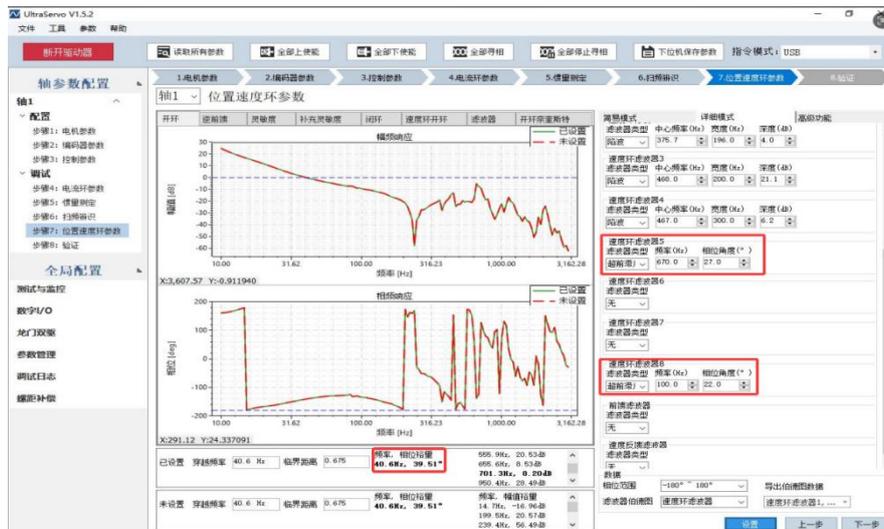


图 10-11 幅值裕度标红图示

2. 调试完成后，点击【设置参数】。

第 6 步 拷机测试及参数微调。

1. 水冷设备正常运行情况下，DD 马达空跑 30 min。
2. UltraServo 软件中打开【测试与监控】界面，勾选速度指令（缩放系数默认为 1）、位置误差（缩放系数设置为 3600），点击【开始监控】即可抓取运行数据；默认抓取 10 次运行数据后停止监控即可得到数据波形。

3. 点击【获取整定时间】，设置【范围阈值】为 5，并取消勾选【启用时间阈值】，【监控类型】选择整定/到位时间，点击【计算】即可得到 10 次运行后整定/到位时间。

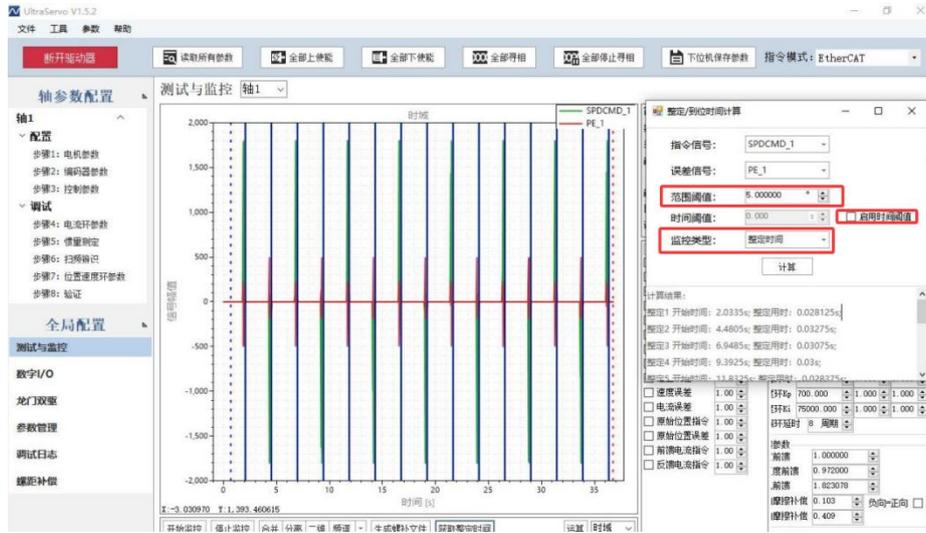


图 10-12 设置参数

4. 查看结果，若不符合要求调整至参数符合要求。

调试中需确保每次到位时间小于 200 ms（该时间可根据现场情况调整）。若不满足要求，可通过观察实际数据波形分析原因。重点查看运动结束时（可通过判断 SPDCMD = 0 确定结束点）的 PE_1 波形趋势，判断其是否在 SPDCMD = 0 后迅速收敛至误差允许范围内。

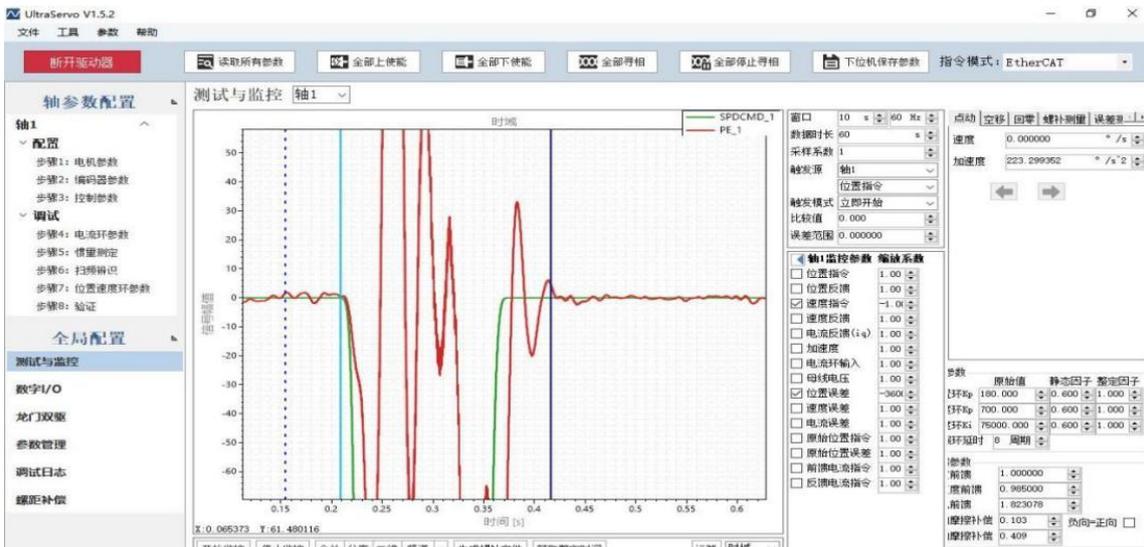


图 10-13 判断波形

如果出现明显 PE_1 明显上移/下移的情况，如下图所示，应当逐渐降低加速度前馈参数（建议逐渐降低/增大，单次可减小/增大 0.01 左右）。

➤ PE_1 明显上移:

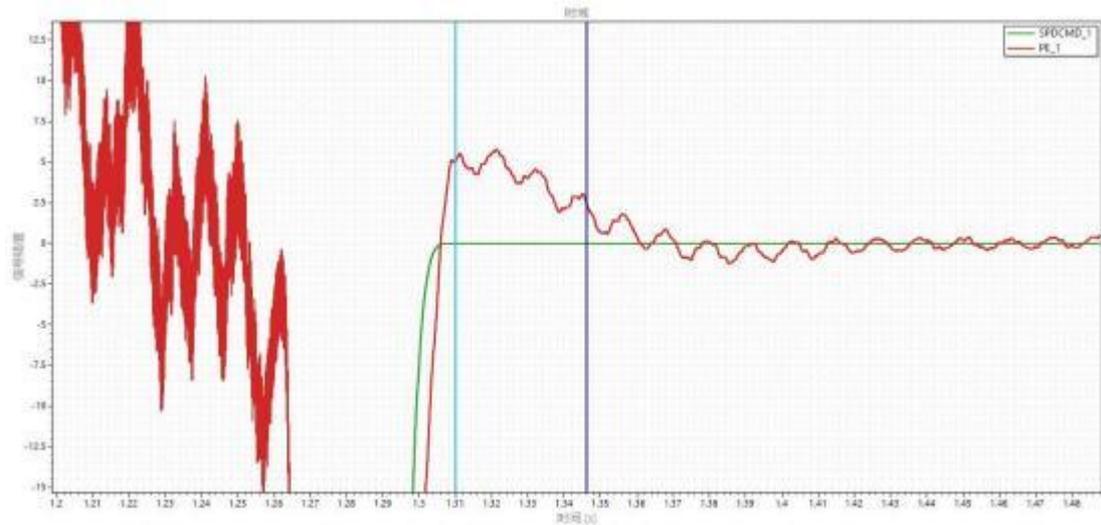


图 10-14 PE_1 明显上移的示意图

➤ PE_1 明显下移:

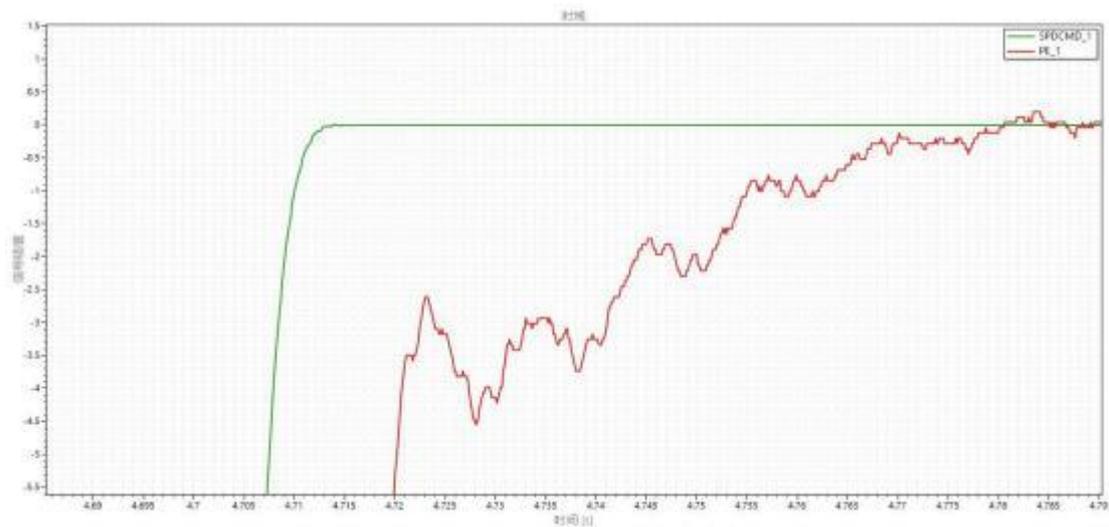


图 10-15 PE_1 明显下移的示意图

如果出现 PE_1 不偏移但是无法快速收敛的情况，如下图所示，应当适当调整速度环 Kp 和速度环 Ki 对应的整定因子，或者对应速度环 Kp 和 Ki 参数（按照经验最快速的调试方法是优先降低速度环 Ki 的整定因子（最低值建议 0.3），逐渐降低查看效果，如果无效则考虑增加速度环 Kp 的整定因子，逐渐升高查看效果。

➤ 无法快速收敛：

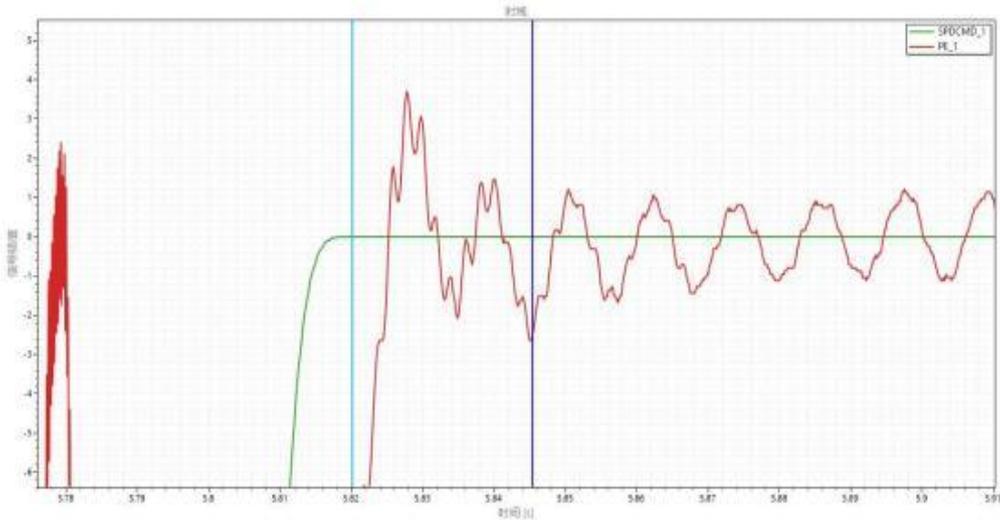


图 10-16 无法快速收敛的示意图

! **说明：**无法快速收敛的情况调试有一定难度，如果发现调试有难度，可以将现象及数据保存成*.xml 文件发给柏楚专业人员协助调试。

第 7 步 保存数据及参数

1. 将鼠标移至示波器界面内并右键鼠标，在弹出框选中【保存数据】并右拉，选中保存为*.xml 文件即可。
2. 点击【文件】→【导出参数到文件】，将文件命名为【XX 机台终版参数】并选择对应文件夹后保存，点击【下位机保存】完成调试。



图 10-17 下位机保存参数

10.3.4.3 BCD125B DD 马达调试案例 FAQs

➤ 静态抖动大（转盘复位后需要转动两次来看静态抖动）

判断标准：使能状态下 PE_1 波动超过静态误差阈值。

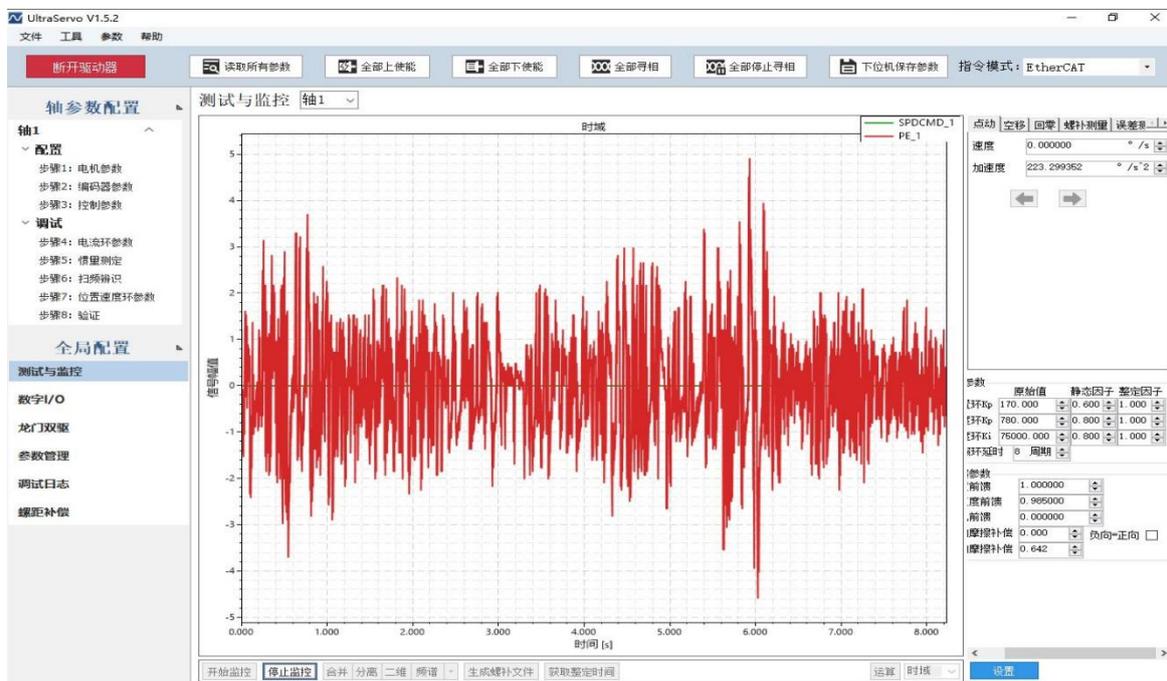


图 10-18 静态抖动大示意图

排查步骤：

第 1 步 干扰排查：

1. 梳理编码器反馈线。将编码器反馈线从线槽中取出并单独走线，且保证远离电动机动力线、电源线等其他线材。
2. 编码器反馈转接线两端（靠近驱动器端和编码器端）增加绿色大磁环（绕 3-4 圈）。
3. 排查电动机动力线屏蔽层与驱动器 PE 是否连接。如果没有连接则加连屏蔽层与 PE 线，如果已连接，切勿尝试断开验证。

第 2 步 若上述操作完成后静态抖动依旧大, 在控制参数上可尝试修改 PID 参数/静态因子来保证到位时间达标, 如下图所示, 增大静态因子到 1.2 后抖动明显减少 (静态因子建议不超过 1.2)。

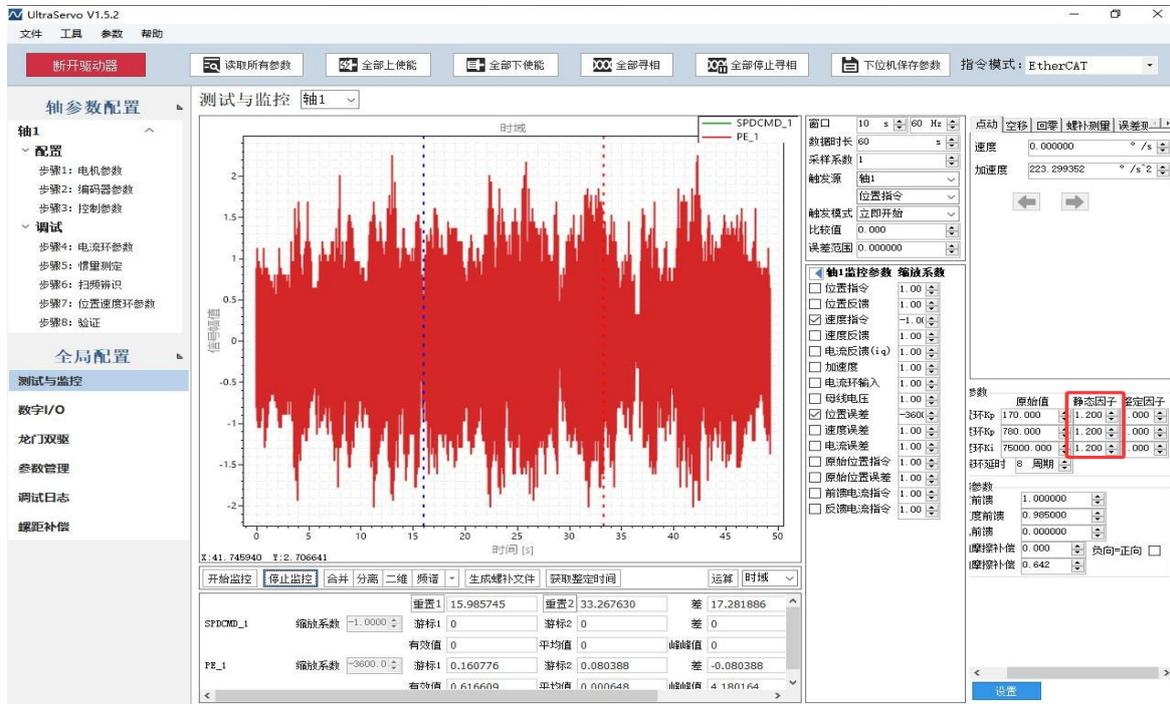


图 10-19 静态抖动明显减少示意图

➤ 误差波形呈喇叭口

误差波形呈喇叭口的图示如下：

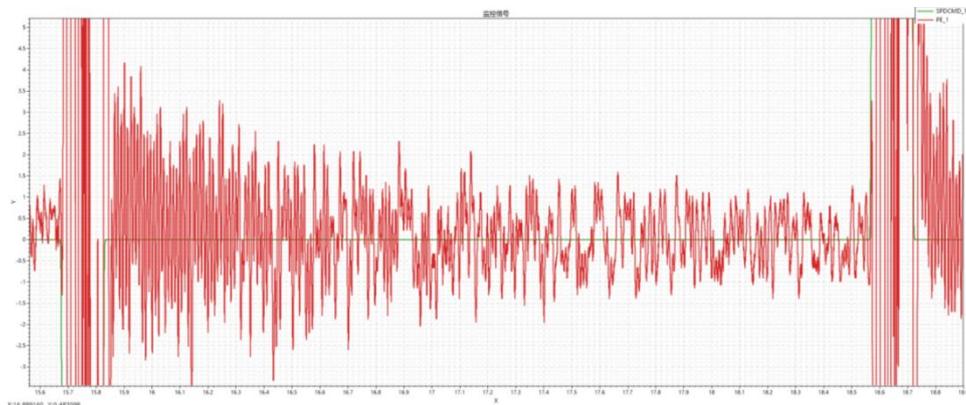


图 10-20 喇叭口示意图 1

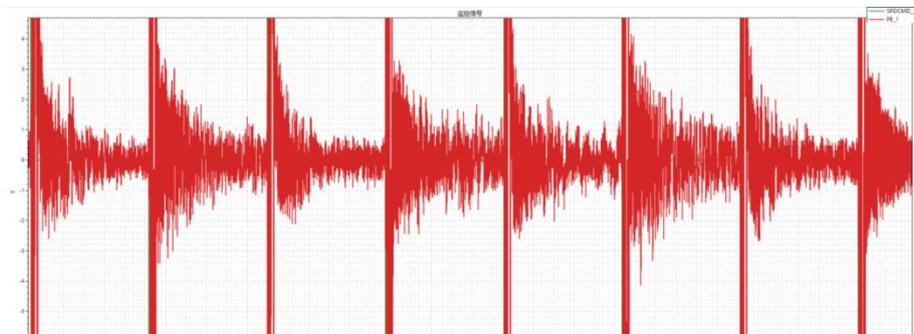


图 10-21 喇叭口示意图 2

故障排查及解决步骤：该问题和电机动态性能相关，可通过修改 DD 马达运动参数（速度、加速度等）改善误差喇叭口情况。

⚠说明：可视实际情况判定，建议将现象及数据保存为*.xml 文件，并发送给柏楚技术支持人员协助调试。

➤ 马达转动过程中出现整体角度偏移误差

排查步骤如下：

第 1 步 视觉检测转盘：通过设备自带的相机捕捉转盘特征点，验证 DD 马达是否实际运行到位置。

第 2 步 查看驱动器监控数据。UltraServo 可对驱动器进行 24 小时数据监控，以极短间隔抓取运动波形，观察实际运行状态。

1. 点击【全局配置】→【测试与监控】，勾选【速度指令】和【位置误差】，点击【自动保存数据】。

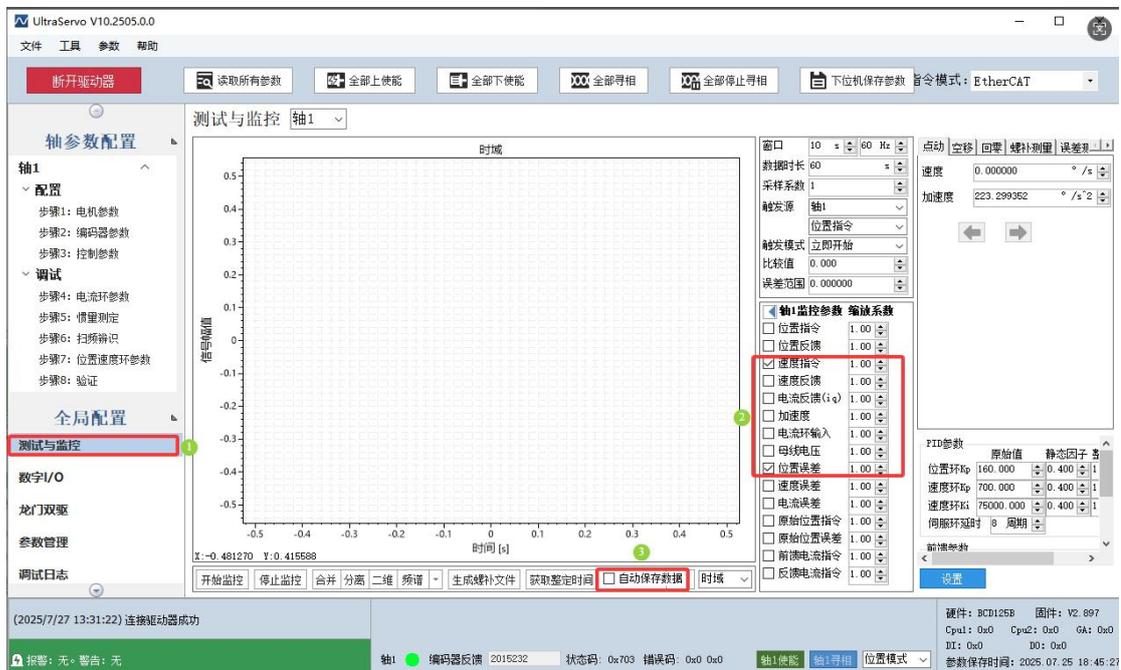


图 10-22 操作步骤

2. 点击后会弹窗，点击【确定】，弹窗会显示存储数据的文件地址。

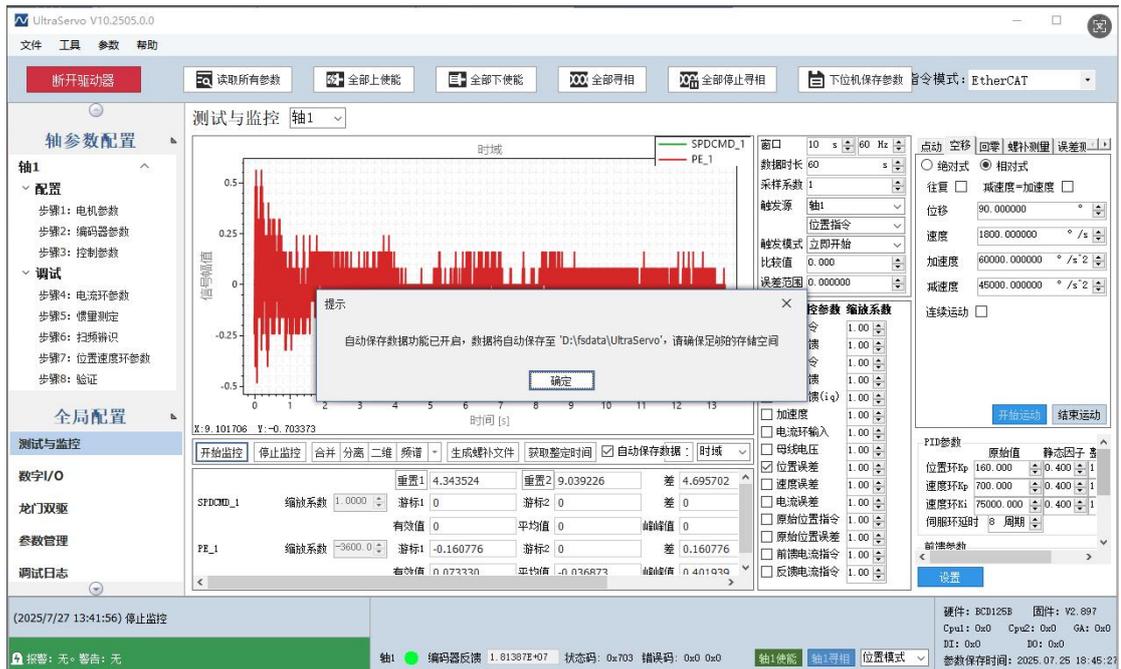


图 10-23 弹窗示意图

! 说明:

1. 监控过程中请保持调试线连接，且勿关闭软件。
2. 根据实际情况判断调试进展。若遇到困难，建议将相关现象及数据保存为*.xml 文件，并发送给柏楚技术支持人员协助。

➤ 驱动器上电后出现编码器掉线报警且无法清除

编码器掉线导致呈现的现象如下所示：

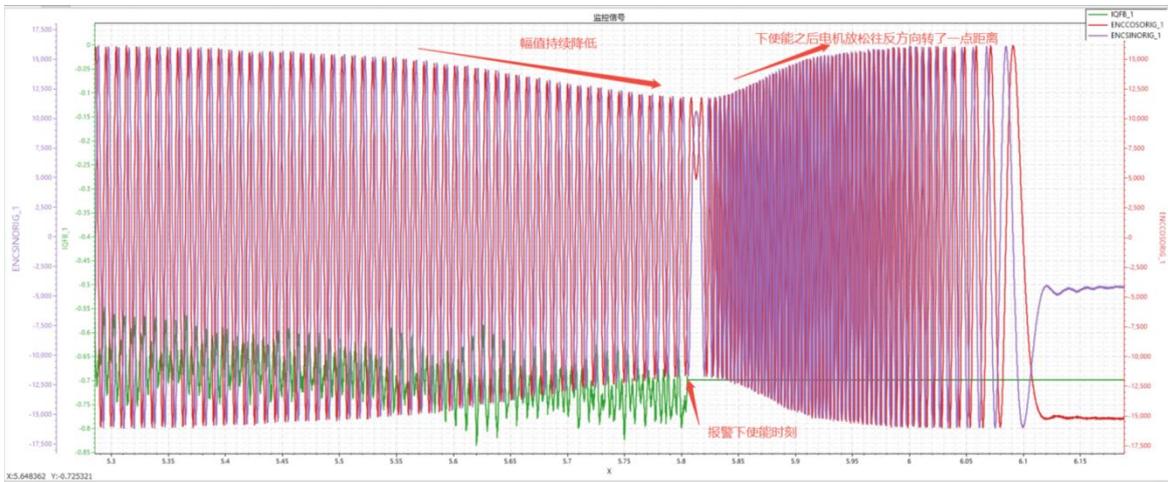


图 10-24 编码器掉线导致的波形示意图 1

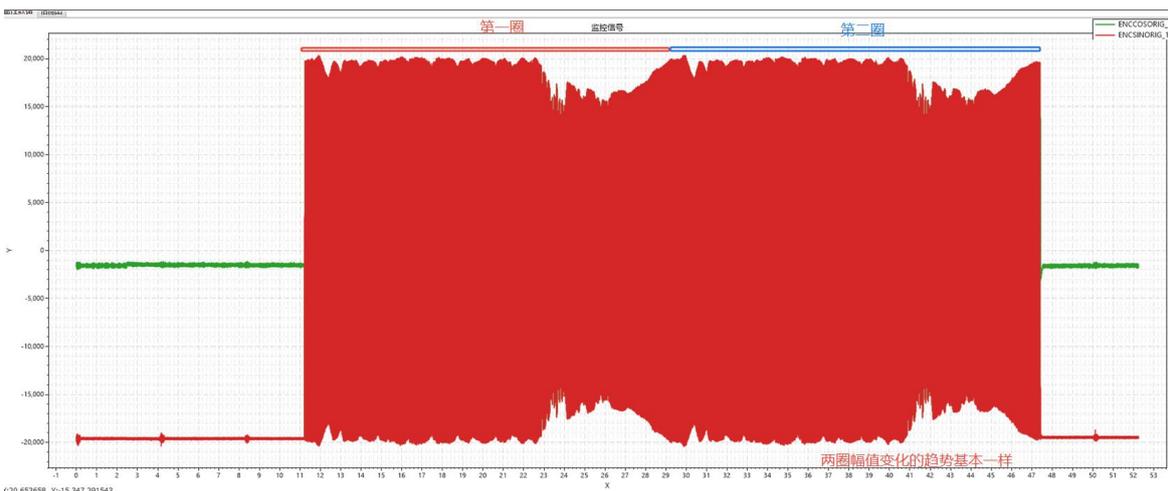


图 10-25 编码器掉线导致的波形示意图 2

若回零或跑片过程中出现编码器掉线，可能是电机的编码器信号输出幅值不稳定造成，根据以下步骤排查：

第 1 步 使用调试线连接驱动器，UltraServo 软件界面内点击并打开【测试与监控】页面，示波器右下角点击【时域】右侧的下拉三角，在弹出的列表中选择【监控】，输入专家权限密码 Aa0000，选择监控量：【原始 SIN】、【原始 COS】。

第 2 步 开始监控，通过点动方式低速运行固定段距离。放大波形，寻找幅值较低的部分。或者如果触发报警，查看报警位置附近的幅值。幅值 < 15000 是危险状态，一般良好的点在 18000 - 20000 之间。运动速度越慢，越容易触发报警。

第 3 步 如果找到了幅值 < 15000 的部分，甚至可能低至 10000，均可能是电机的编码器信号输出幅值异常导致的。

第 4 步 点动 2 圈或者 3 圈进行验证，每一圈的幅值应当能重复，即幅值的降低是在一圈的固定位置。

10.4 滤波器

滤波器是一个信号处理元件,用于允许某些频率的信号通过,同时阻止或减少其他频率的信号。其目的是改善信号质量,通过去除不需要的频率成分(如噪声或干扰),保留或突出有用的信号部分,从而在伺服控制系统中优化控制性能,提高系统稳定性。

本软件支持设置速度环滤波器、前馈滤波器、速度反馈滤波器和 ESO 干扰抑制滤波器。

- 速度环滤波器:用于速度控制环,用于平滑速度命令,减少系统对速度变化的瞬时反应,进而减轻振动和噪声,改善驱动器的速度控制性能,使运动更加平稳。
- 前馈滤波器:用于处理前馈信号,以确保这些信号不会引入额外的噪声或振动,优化系统的动态性能。
- 速度反馈滤波器:用于处理速度反馈信号,在反馈环路中去除噪声和干扰,确保速度控制基于准确的反馈信息,有助于提高系统响应的准确性和稳定性。
- 干扰抑制滤波器:专门用于处理观测器输出,减少由未建模动态和外部扰动引起的效应,从而改善控制系统的鲁棒性和性能。

其中,我们可以设置为不同类型的滤波器,分别为:低通、高通、陷波、双二阶、超前滞后、共振。具体介绍和参数如下:

10.4.1 低通滤波器

低通滤波器用于消除信号中的高频成分,主要用于平滑输出信号,减少高频噪声或振动。在伺服系统中,它有助于稳定速度或扭矩控制,防止由于快速信号变化引起的不稳定性。

➤ 参数

- 低通截止频率:定义滤波器开始阻止信号的频率点。频率低于此值的信号成分得以保留,高于此值的成分则被削弱或滤除。

10.4.2 高通滤波器

高通滤波器用于消除信号中的低频成分，去除漂移或防止低频干扰影响系统性能。在伺服系统中，它可以用来提高对快速变化的响应能力，特别是在需要高灵敏度的场景中。

➤ 参数

- 高通截止频率：定义滤波器开始允许信号通过的频率点。频率高于此值的信号成分得以通过，低于此值的成分被削弱或滤除。

10.4.3 陷波滤波器

陷波滤波器用于在特定频率上极大地减少信号强度，用于消除特定频率的干扰或噪声。在伺服系统中，它特别有效于抑制特定频率的振动或干扰，从而提高系统的整体稳定性和性能。

➤ 参数

- 陷波中心频率：确定滤波器抑制效果集中的频率点。
- 陷波宽度：定义滤波效果影响的频率范围，即在中心频率周围被抑制的频带宽度。
- 陷波高度：指在中心频率处信号被衰减的程度，影响陷波的深度。

10.4.4 双二阶滤波器

双二阶滤波器是一种复杂的滤波器，可以被配置成低通、高通、带通、带阻（陷波）或全通滤波器。这种滤波器因其灵活性和精确的控制能力而广泛应用于信号处理和控制系统中，特别适用于需要精确调整频率响应的场合。在伺服系统中，双二阶可以用来通知控制多个频率点的行为，如同时抑制多个不同频率的振动或噪声。

➤ 参数

- 分母频率：决定滤波器的主要频率响应特性，影响滤波器截止或中心频率的位置。
- 分母阻尼比：控制滤波器的阻尼程度，即滤波器对信号的衰减程度和振动性。阻尼比较高意味着信号衰减更快，振动较少。
- 分子频率：影响滤波器的增益频率响应，可以用于调整特定频率范围内的信号增益。
- 分子阻尼比：调整频率响应的形状和稳定性，可以改变滤波器在特定频率点的增益。

10.4.5 超前滞后滤波器

超前滞后滤波器主要用于改善系统的相位特性，增加或减少特定频率处得到相位角度，从而优化系统的响应时间和稳定性。在控制系统中，它用于调整系统动态，特别是需要改善系统相位裕度以增强稳定性和性能时。

➤ 参数

- 超前滞后频率：这是滤波器开始改变相位角度的频率点。在这个频率上，滤波器会增加（超前）或减少（滞后）相位。
- 超前滞后相位角度：指滤波器在其频率点上改变的相位置。超前部分增加系统的响应速度，而滞后部分可以用来减少系统的响应。

10.4.6 共振滤波器

共振滤波器用于在特定频率处增强信号，常用于检测或放大那些频率处的振动或信号。在伺服系统中，它可以用来增强系统对特定频率信号的响应，特别是在需要精确控制或放大机械共振点时。

➤ 参数

- 共振中心频率：滤波器增强信号的频率点，通常对应于系统或组件的自然共振频率。
- 共振宽度：决定了共振峰的尖锐程度。宽度越小，滤波器在中心频率处的响应越集中，共振峰越尖锐。
- 共振高度：决定了共振峰的幅度，即滤波器在中心频率处能增强信号的程度。

10.5 龙门双驱调试

龙门双驱是一种机械控制配置，通常用于大型数控机床等高精度、大承载设备。它通过两个电机同步驱动同一机械结构，以提升系统稳定性与运动精度。该配置要求电机实现精确同步，并需采用相应的控制策略来确保运动的平稳性与一致性。

本节介绍龙门双驱的相关参数与调试流程。

10.5.1 参数介绍

下图为双驱参数一览：

全局参数 - 双驱	
双驱位置间隔阈值(cnt)	10000
龙门横梁长度(m)	1.000
龙门横梁宽度(m)	1.000
横梁轴与横梁质心距离(m)	1.000
龙门横梁质量(kg)	1.000
旋转轴固定角度值(cnt)	0
旋转轴固定角度控制	0
是否开启双驱平移轴	0
是否开启双驱旋转轴	0
平移轴斜对齐补偿值	0.000
旋转轴斜对齐补偿值	0.000
斜对齐旋转速度(cnt/s)	0.000
斜对齐电流阈值(A)	0.000
斜对齐到位允许误差(cnt)	0.000
平移轴中心位置(×100%)	0.500
斜对齐模式	0
斜对齐报警时间阈值	10000

图 10-26 双驱参数一览

参数介绍如下：

- 双驱位置间隔阈值：当 $(X1 \text{ 指令} - X2 \text{ 指令}) - (X1 \text{ 反馈} - X2 \text{ 反馈}) > \text{该值}$ 时，触发双驱扭轴报警。
- 龙门横梁长度：影响旋转轴的惯量。
- 龙门横梁宽度：影响旋转轴的惯量。
- 横梁轴与横梁质心距离：影响龙门轴运动时结合横梁轴位置做的补偿电流。暂未开放，无需考虑。
- 龙门横梁质量：影响平移轴的惯量和旋转轴的惯量。
- 旋转轴固定角度控制：0 为关闭，1 为开启。
- 旋转轴固定角度值：当旋转轴固定角度控制设置为 1 时，旋转轴将不再使用规划的指令，而是

会努力将两个轴的位置反馈差值控制到固定值，固定值即为该参数值。

- 是否开启双驱平移轴：0 为关闭，1 为开启。关闭时，将不会运行平移轴的位置环、速度环，将无法进行整体空移运动。
- 是否开启双驱旋转轴：0 为关闭，1 为开启。关闭时，将不会运行旋转轴的位置环、速度环。
- 斜对齐旋转速度：斜对齐时龙门旋转的速度。
- 斜对齐电流阈值：斜对齐时判断是否旋转到极限位置的依据。
- 斜对齐到位允许误差：斜对齐最终规划至放松位置时，判断是否运动到位的依据。
- 平移轴中心位置：平移轴的控制对象=平移轴中心位置 $\times X2 + (1 - \text{平移轴中心位置}) \times X1$ 。
默认为 0.5。
- 斜对齐模式：0 为关闭，1 为开启。关闭时，斜对齐将不会执行，直接返回斜对齐结束。
- 斜对齐报警时间阈值：斜对齐过程中某些阶段耗时超过该时间则将报警“斜对齐失败”。

10.5.2 平移轴、旋转轴调试方法

平移轴与旋转轴是从算法角度对龙门横梁运动进行的定义，两者对应同一机械结构。

10.5.2.1 调试前准备工作

在进行平移轴、旋转轴调试前，请完成以下准备工作：

- 正确连接单轴双驱的通信线。
- 确定主站从站，规定一个驱动器为主站，另一个驱动器为从站。后续调试流程中，无论控制参数如何变化，都不影响对主从站的定义。
- 正确设定参数，参数设定步骤说明如下。

第 1 步 导出参数（参数 A）。

1. USB 连接从站，输入正确的电机参数、编码器参数后寻相。

1. 寻相成功后进行电流环调试，开启【死区补偿】，计算参数的电流环截止频率输入 1350 Hz，点击【信号激励】，可以根据波形图的超调量和上升时间调整电流环截止频率，以达到良好的电流跟随。

2. 导出参数（参数 A）。

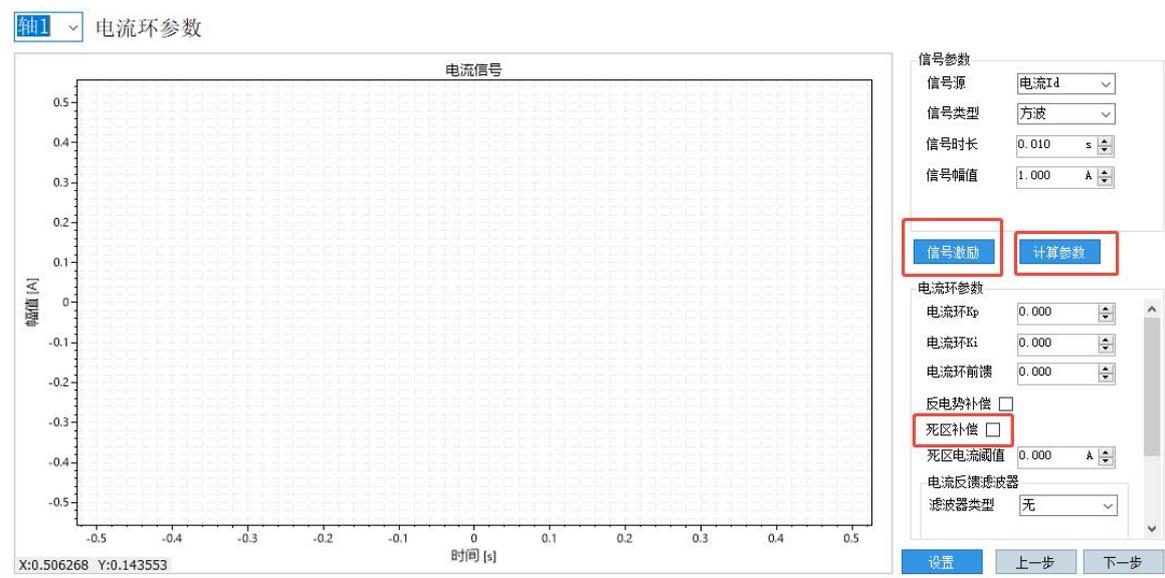


图 10-27 计算参数

第 1 步 点击【参数管理】→【系统】→【全局参数-多机通讯】，多机通信模式选择【从站-双驱模式】，随后下位机保存参数。

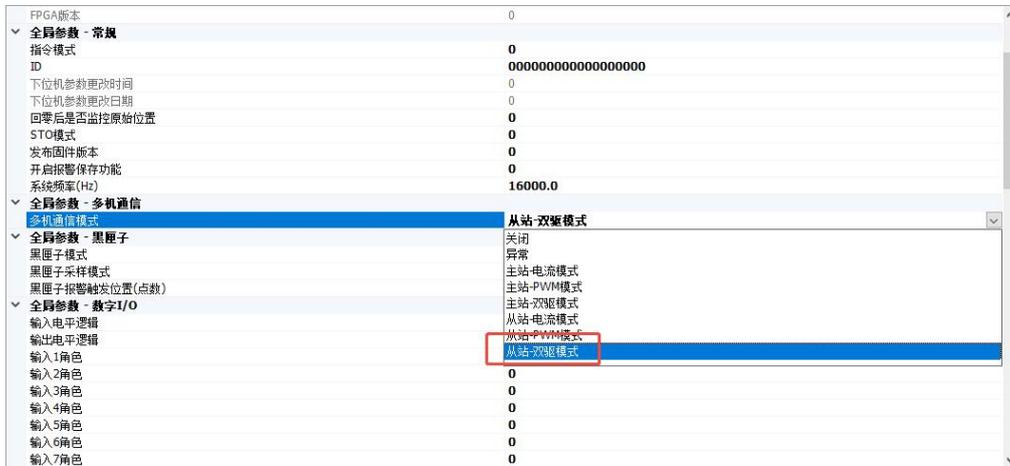


图 10-28 修改多机通讯模式

第 2 步 USB 连接主站，将参数 A 导入（也可以按照第 2 步的方法重新调试），进入系统参数，多机通信模式改选择【主站-双驱模式】，随后下位机保存参数，两台驱动器同时重新断电上电后，开始进行平移轴、旋转轴调试。

10.5.2.2 平移轴调试

平移轴调试流程如下：

第 1 步 USB 再次连接主站，点击并进入【龙门双驱】页面，设置轴 1 为【平移轴】，并设置合理的龙门参数。

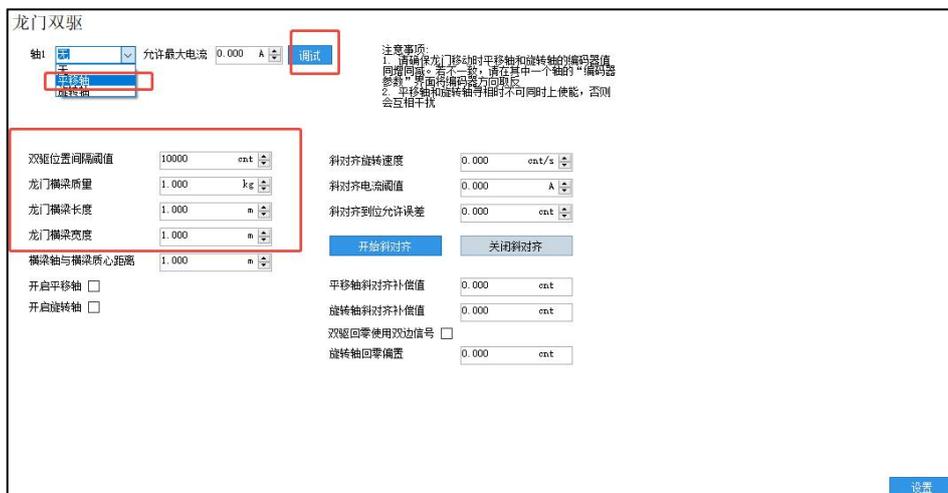


图 10-29 设置平移轴并设定参数

第 2 步 进行惯量测定。

点击并进入【惯量测定】页面，点击【开始惯量测定】，获取有效值并应用。详细说明请参照：[惯量测定](#)。



图 10-30 执行惯量测定

第 3 步 完成扫频并自动调整位置速度环参数。

1. 点击并进入【扫频辨识】页面，设置合理的扫频电流，扫频距离、速度参数，进行开环闭环扫频（优先进行开环扫频，如果扫频结果优秀可以不必进行闭环扫频）。
2. 扫频结束后，点击【一键自整定】自动调整环路参数。

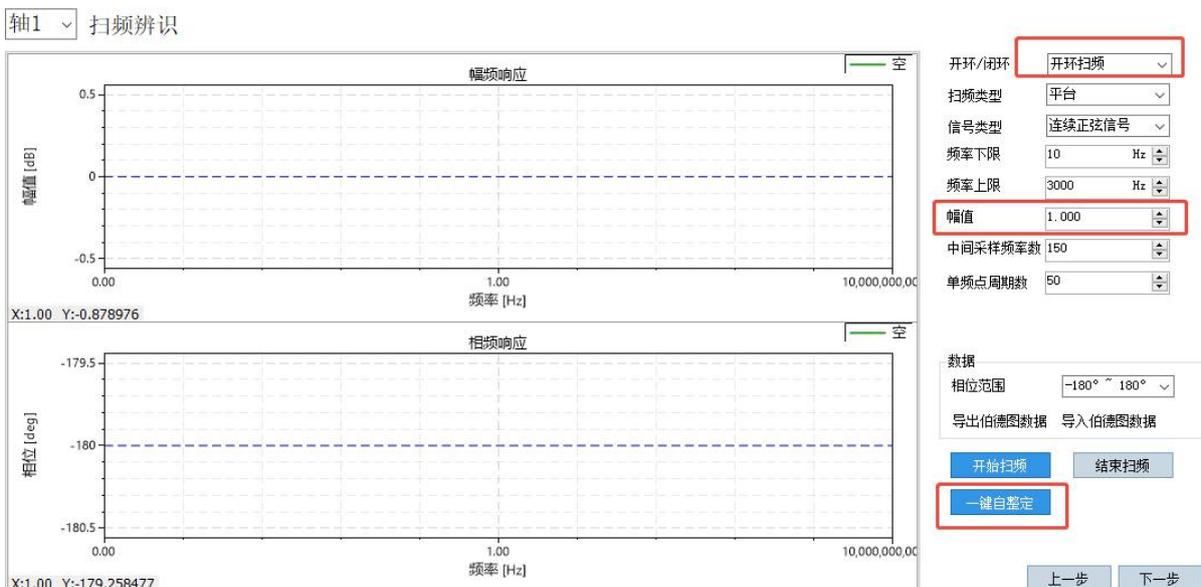
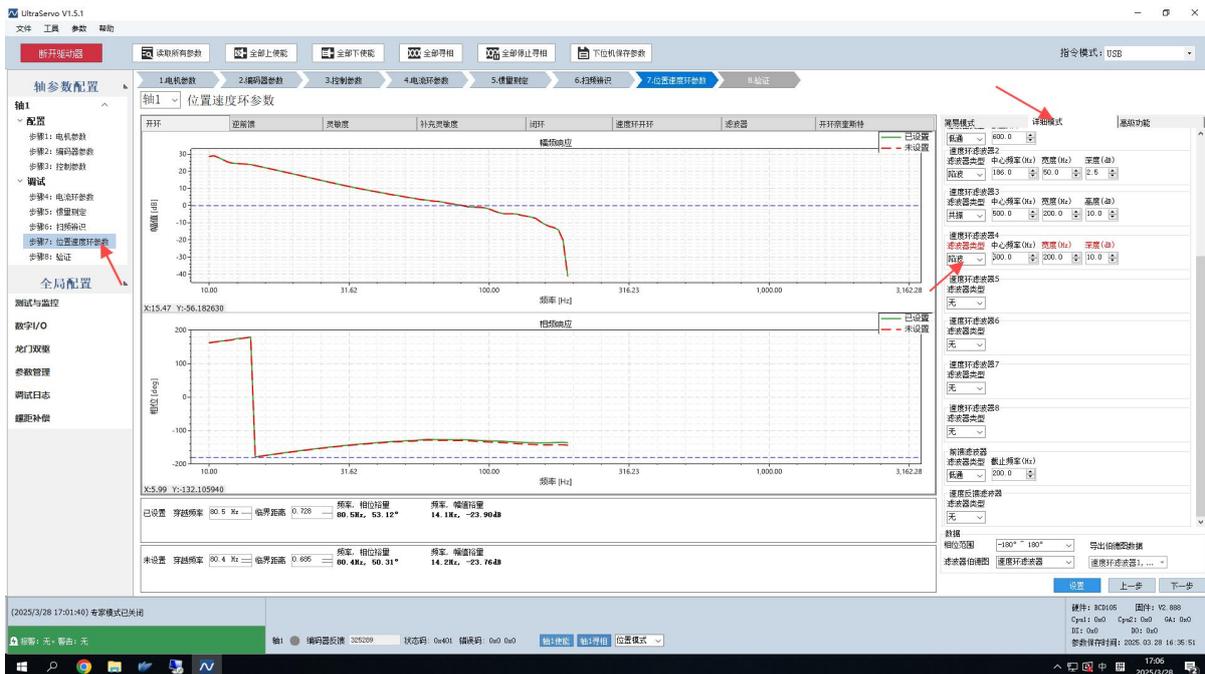


图 10-31 执行扫频

第 4 步 查看并确认位置速度环参数符合要求。

点击并进入【位置速度环参数】页面，查看自整定后的【幅频响应】、【相频响应】的裕量是否满足要求，要求为相位裕量要求大于 30° ，幅值裕量要求大于 8 dB。符合要求，执行下一步，不符合要求，通过微调滤波器参数以达到要求。

⚠️说明：在大多数情况下，一键自整定后即可直接满足裕量要求；若机械结构较为复杂，则可能需要在自整定后手动调整滤波器参数以符合裕量标准。



第 5 步 调试完成后，点击【下位机保存参数】，并导出一份参数（平移轴参数 B）作为平移轴参数。

10.5.2.3 旋转轴调试

完成平移轴调试后，进入旋转轴调试。

第 1 步 USB 保持连接主站，点击并进入【龙门双驱】界面，将轴 1 从平移轴改为【旋转轴】（需要先改成“无”然后再改成旋转轴），进入调试界面。

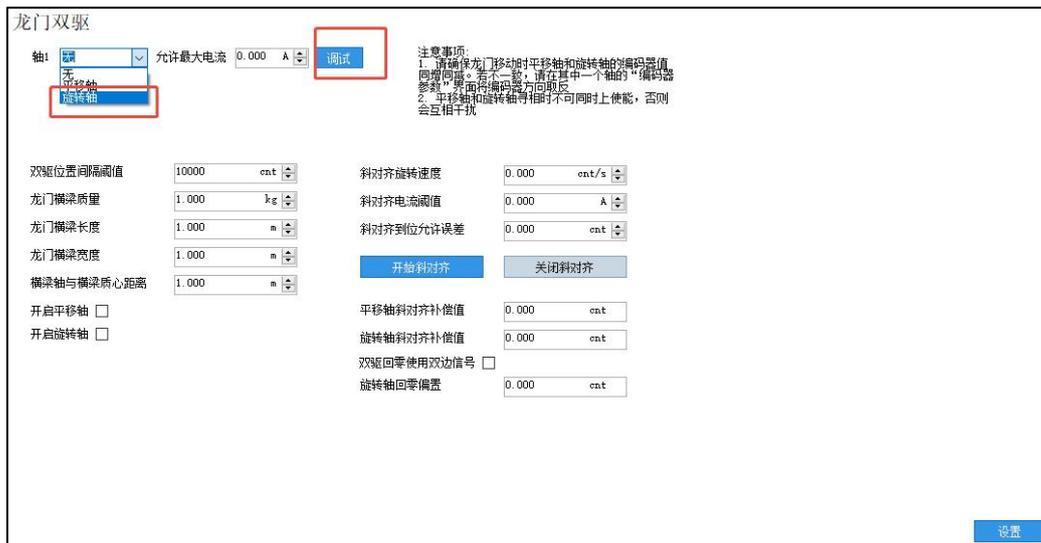


图 10-32 设为旋转轴

第 2 步 执行扫频。点击【扫频辨识】，进入扫频界面并设置合理的扫频电流，进行开环扫频。

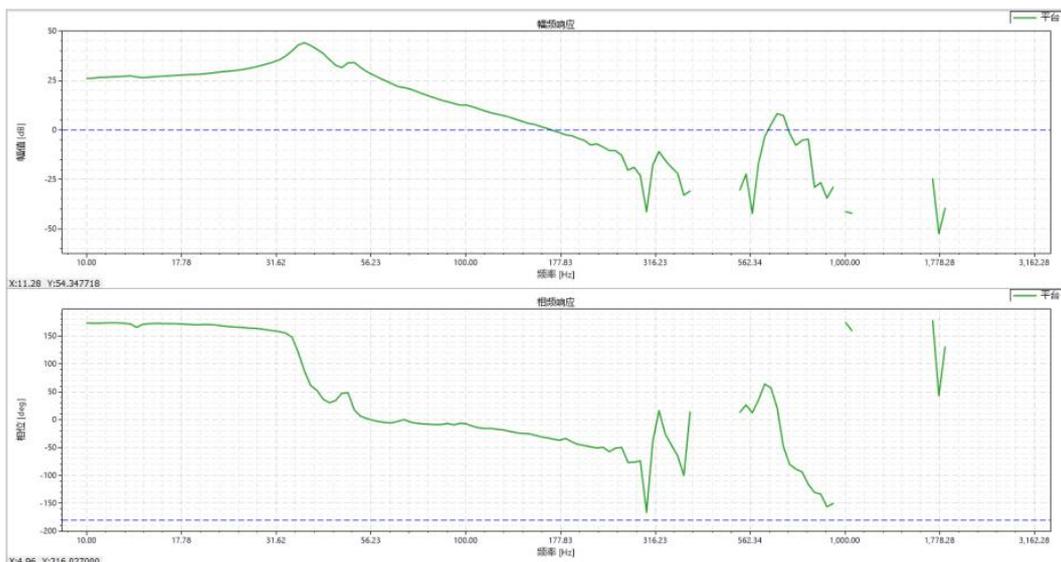


图 10-33 扫频曲线

⚠️说明： 旋转轴调试直接进行扫频辨识，无需执行惯量测定。原因是旋转轴的惯量由龙门参数及平移轴的惯量共同决定，需确保二者均设置合理且准确。

第 3 步 调整刚性参数以满足需求。

旋转轴用于微调龙门角度，其转动范围较小，故刚性无需设置过高，以运行稳定为前提即可。在保证稳定、无异响的条件下，可适度提高旋转轴刚性以改善跟踪响应性能。但刚性不宜设置过大，原因有二：其一，对精度提升作用有限；其二，会降低系统鲁棒性，在机械结构或负载发生变化时易引发异响。

调整旋转轴刚性时可优先观察开环奈奎斯特图，保证奈奎斯特图不包含 $(-1, 0)$ 点，临界距离尽可能大，调试时通常不添加陷波滤波器，仅需调整 PID 参数和低通滤波器的截止频率；观察如下奈奎斯特图，只会显示扫频范围内的曲线，扫频范围之外的部分可能已经不稳定了。

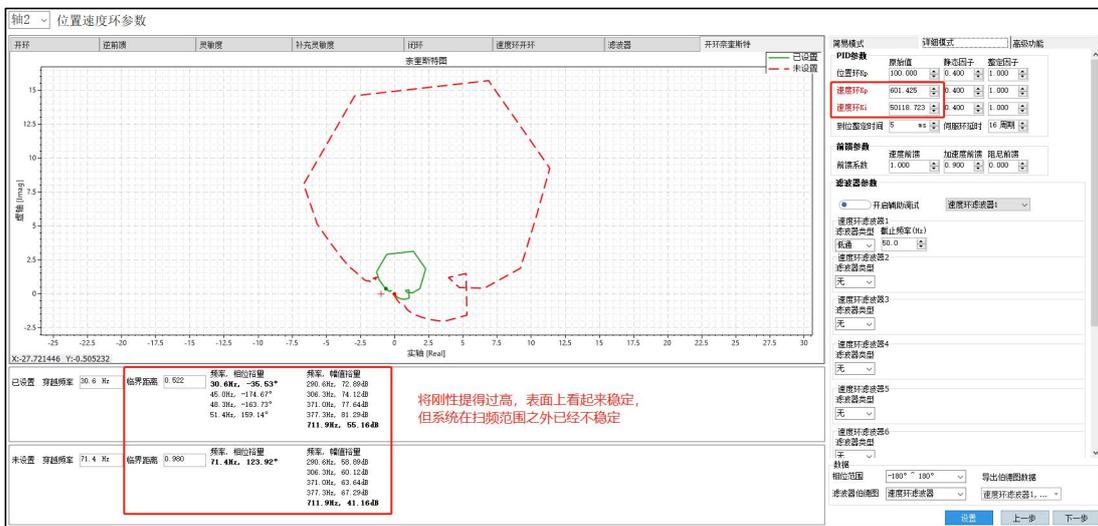


图 10-34 奈奎斯特图 1

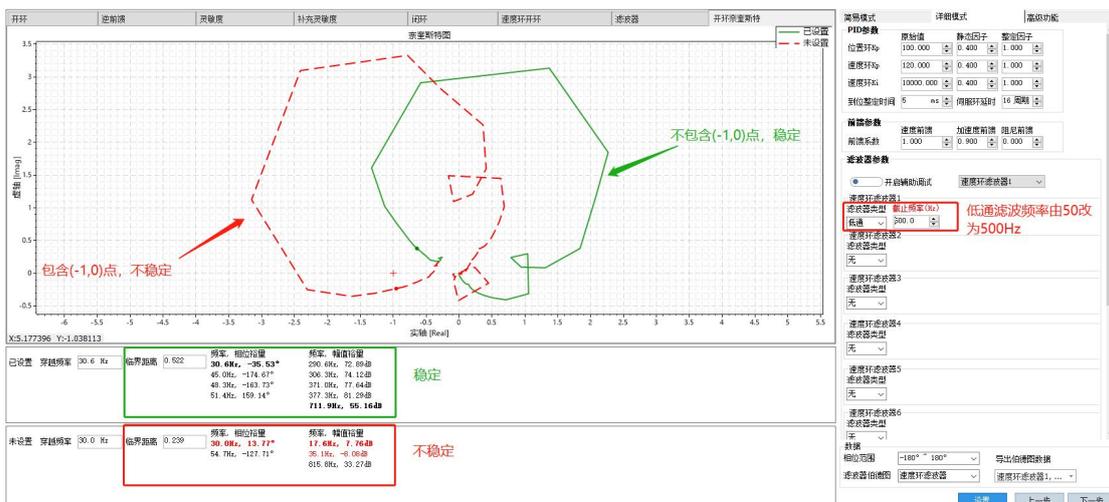


图 10-35 奈奎斯特图 2

第 4 步 调试完旋转轴后，下位机保存参数，导出一份参数（旋转轴参数 C）作为旋转轴参数。

第 5 步 将平移轴参数 B 再次导入主站，下位机保存参数。

第 6 步 USB 连接从站，将旋转轴参数 C 导入从站，并在系统参数中将【主站-双驱模式】改为【从站-双驱模式】，随后下位机保存参数，两台驱动器同时重新断电上电。

第 7 步 至此，单轴双驱调试完毕，可以通过主站控制龙门运动，后续如果需要使用总线系统，将右上角的控制模式从【USB】调整为【EtherCAT】即可。

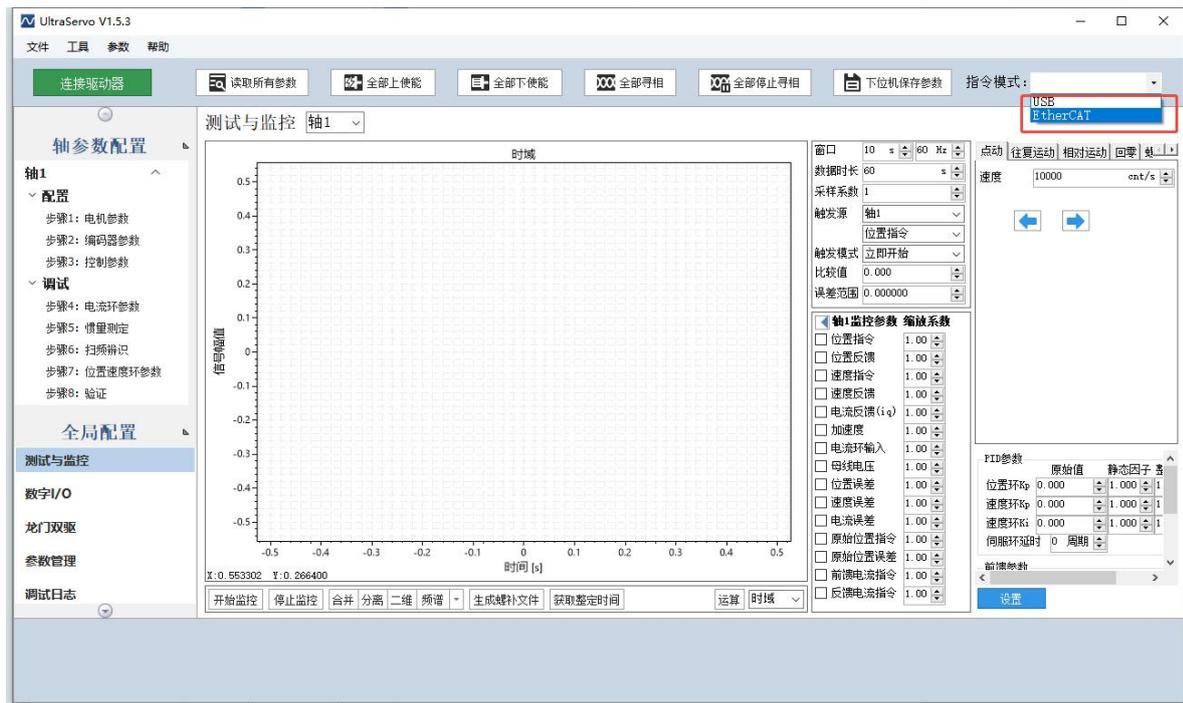


图 10-36 调整指令模式

上海柏楚电子科技股份有限公司版权所有



上海柏楚电子科技股份有限公司

Shanghai BOCHU Electronic Technology Co., Ltd.

官方网址: www.bochu.com

电 话: +86(21)64309023

传 真: +86(21)64308817

地 址: 上海市闵行区兰香湖南路1000号

