

BCD 多轴系列伺服驱动

BCD multi-axis servo drive

用户手册 V1.0



上海柏楚电子科技股份有限公司

Shanghai Bochu Electronic Technology Co., Ltd.

资料说明

感谢您使用 BCD 多轴系列伺服驱动器！

本用户手册提供 BCD 多轴系列伺服驱动器（下简称：BCD 多轴系列）的相关使用信息。BCD 多轴系列是应用于精密加工行业的直驱多轴一体驱动器。BCD 多轴系列一共有 6 款多轴一体驱动器，分别是 BCD251，BCD251P，BCD351，BCD351P，BCD281 及 BCD281P。具有以下特色：

1. 使用 5 核心高性能 MCU，强大算力支持多轴实时同步插补
2. 多轴共享交流输入与再生，提高能源效率
3. 支持 Ether CAT 通讯控制方式
4. 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
5. 具有体积小、功率密度高、集成度高等优点。2/3 路差分编码器输入接口，2/3 路差分编码器输出接口，独立 6 路通用输入接口、3 路高速输入接口与 4 路通用输出接口
6. 真多轴实时同步，支持双轴编码器同步输出,双/三轴控制同步同频
7. 先进的运动控制架构&驱动算法
8. 三环频率可调，最高支持三环 32k 同步（仅电流环支持 32kHz）
9. 三环支持 AFF，VFF，IFF 前馈算法
10. 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够低速平稳运行

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 16kHz 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

本产品适用于 3C 机床、机器人、新能源、智能物流、纺织、印刷、包装等多个行业，以优秀的产品表现为用户提供价值。

本手册提供 BCD 多轴系列驱动器相关信息，在进行 BCD 多轴系列产品安装、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，还有可能导致意外事故的发生。

请妥善保管此手册，以便在需要时能进行查阅。

若对此说明书内容存在疑惑，亦可联系我司技术人员。

文档修订记录

版本	发布日期	修订描述
V1.0	2024-6-24	首版发布

目录

1. 功能简介	7
1.1 型号说明	7
1.2 订购说明	7
1.3 标准规格	8
1.4 产品明细	10
1.5 产品标签	11
2. 安全注意事项	13
2.1 安全标志	13
2.2 安全指南	13
2.2.1 安装安全	14
2.2.2 操作安全	15
2.2.3 维护安全	15
2.3 认证	16
3. 规格	18
3.1 尺寸	18
3.2 产品装配要求	19
3.3 机械安装	19
3.3.1 安装 BCD 多轴驱动器	19
3.3.2 安装多个单元	19
3.4 机电规范	21
3.5 控制规范	22
3.6 保护功能和环境规范	23
3.7 STO/功能安全规范	23
3.8 通信规范	24
3.9 输入/输出规范	24
3.10 电机反馈规格	25
4. 接线说明	25
4.1 接线框图	25
4.1.1 BCD 多轴系列驱动器接线框图	25
4.1.2 BCD 多轴系列搭配柏楚系统接线框图	26

4.2 接口说明.....	33
4.2.1 J01 USB 通讯端子	36
4.2.2 J02/03 EtherCAT 通讯端子.....	36
4.2.3 J04 DIO 数字量输入输出端子	37
4.2.4 J05/07/09 电机编码器及霍尔信号输入端子	39
4.2.5 J06/08/10 编码器输出端子	41
4.2.6 J11 再生电阻 REG 接线端子.....	42
4.2.7 J12 控制电源输入端子.....	46
4.2.8 J13 交流电源输入端子.....	47
4.2.9 J14/15/16 电机动力线端子	48
4.2.10 J17 STO 端子.....	49
4.2.11 J18/J19 多轴同步通讯端子	50
4.3 主回路推荐线缆	51
4.4 电源（动力）接线规范.....	52
4.4.1 强电.....	52
4.4.2 弱电.....	52
4.5 地线接线规范.....	52
4.6 信号（控制）接线规范.....	53
4.7 其他规范.....	53
4.8 噪音和高次谐波处理办法	54
4.8.1 噪音及其处理办法	54
4.8.2 连接噪音滤波器的注意事项	55
4.9 注意事项.....	58
5. 驱动器报警及解决方案.....	59
5.1 状态显示及逻辑	59
5.2 报警和故障代码	60
5.3 内部故障.....	64
6. 软件简介	65
6.1 安装.....	65
6.2 界面.....	67
6.2.1 菜单栏	67
6.2.2 工具栏	71
6.2.3 状态栏	72

6.2.4 侧边栏	73
6.3 通信.....	74
7. 参数设置	75
7.1 系统参数.....	75
7.1.1 版本参数.....	75
7.1.2 常规.....	75
7.1.3 多机通信.....	75
7.1.4 数字 I/O	76
7.1.5 双驱.....	76
7.1.6 再生制动.....	76
7.2 电机参数.....	76
7.2.1 编码器	76
7.2.2 常规.....	76
7.2.3 旋转电机.....	77
7.2.4 直线电机.....	77
7.3 用户参数.....	77
7.3.1 保护功能-电流保护	77
7.3.2 保护功能-电压保护	77
7.3.3 保护功能-飞车保护	77
7.3.4 保护功能-速度保护	78
7.3.5 保护功能-温度保护	78
7.3.6 等效编码器输出	78
7.3.7 回零.....	78
7.3.8 紧急制动.....	78
7.3.9 其他.....	78
7.3.10 双驱.....	79
7.3.11 寻相.....	79
7.3.12 指令滤波.....	79
7.4 控制参数.....	79
7.4.1 电流环	79
7.4.2 高级抗扰.....	79
7.4.3 速度环	80
7.4.4 位置环	80
7.5 滤波器参数	80

7.5.1 滤波器参数	80
7.5.2 超前滞后	80
7.5.3 低通	81
7.5.4 高通	81
7.5.5 共振	81
7.5.6 双二阶	81
7.5.7 陷波	81
7.6 参数表	82
8. 功能说明	92
8.1 单位切换	92
8.2 寻相	92
8.3 惯量测定	94
8.4 扫频	95
8.5 示波器监控	96
8.6 点动	99
8.7 空移	100
8.8 回零	101
8.9 误差校正	102
8.10 数字 I/O	103
8.11 调试日志	104
9. 调试方法	105
9.1 快速调试流程	105
9.2 一键自整定	116
9.3 手动整定	117
9.4 指令滤波	124
9.5 滤波器	125
9.6 抗扰	127
9.7 龙门双驱调试	128

1.功能简介

BCD 多轴系列直线电机多轴一体驱动器是基于创新型技术和先进控制算法的应用于精密加工行业的多轴合一驱动器。BCD 多轴系列一共有 6 款多轴一体驱动器，分别是 BCD251, BCD251P, BCD351, BCD351P 以及 BCD281, BCD281P。

1.1 型号说明

产品型号说明如下：（以 BCD281P 为例）

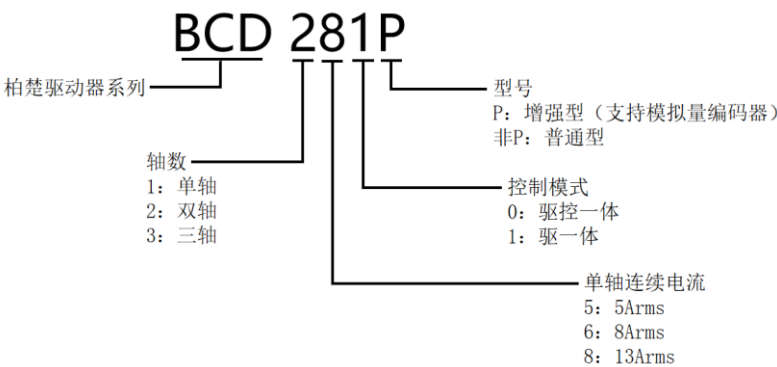


图 1 产品型号说明

1.2 订购说明

下图所示的订购选项包含了 BCD 多轴系列产品线中的各种驱动器型号，请联系柏楚电子查询产品可用性及解决方案。

		BCD	2	8	1	P	-	XXX
柏楚伺服驱动器-BCD系列								
驱动器集成轴数								
2	双轴							
3	三轴							
功率规格								
	220-240VAC							
	Cont. (Arms)/Axis	Peak(Arms)/Axis						
8	13	36.76						
5	5	15						
多轴集成驱一体								
产品增配型号								
	功能							
P	兼容模拟量编码器及模拟Z相信号							
非P	不兼容模拟量编码器							
支持产品定制								
备注：产品支持多轴同步等特殊定制功能								

图 2 BCD 多轴系列产品订购选项

1.3 标准规格

表 1 BCD 系列功能表

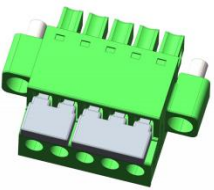
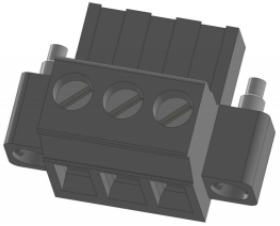
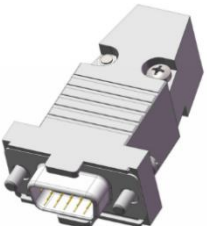
BCD 系列直线电机 多合一驱动器		BCD251	BCD351	BCD281	BCD251P	BCD351P	BCD281P
功能模块	参数项目	技术指标					
主电源 模块	额定电压	单相 220VAC		单相/三相 220VAC	单相 220VAC		单相/三相 220VAC
	容许电压波动 范围	单相/三相：200~240VAC					
	额定频率	50Hz~60Hz，波动范围±5%					
通讯接口	通讯物理接口	EtherCAT，USB					
运行模式	主回路 控制模式	SVPWM/FOC 控制模式					
	可选控制模式	电流（转矩）控制、速度控制、位置控制					
	电流（转矩） 控制	EtherCAT，USB；刷新频率可调（最高 32kHz）					
	速度控制	EtherCAT，USB；刷新频率可调（最高 16kHz）					
	位置控制						
直线电机负 载特性	支持电机数	2	3	2	2	3	2
	单轴输出功 率， 交流电压 240V	1.1kVA	1.1kVA	2.8kVA	1.1kVA	1.1kVA	2.8kVA
	单轴额定输出 电流	5Arms	5Arms	13Arms	5Arms	5Arms	13Arms
	单轴峰值电流	15Arms	15Arms	26Arms	15Arms	15Arms	26Arms
	输出电压	额定条件下输出三相，0V~额定输入电压					
	过载特性	300%额定电流过载		200%额定电 流过载	300%额定电流过载		200%额定电 流过载
	电机类型	支持直线电机，DD 马达					
控制端子	信号电源输出	24V					
	数字 IO	6 路隔离普通输入，3 路隔离高速输入，4 路隔离输出					
	多轴同步	不具备			具备		
STO （安全转矩 关断）	STO 电源 （直流 电压）	24±10%V					
编码器 接口	编码器数	2	3	2	2	3	2
	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			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					

尺寸和重量						
安装尺寸 (长 x 宽 x 高)	329x233x125mm					
重量	3.6kg	3.8kg	4.0kg	3.6kg	3.8kg	4.0kg
特性						
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/ 环境工作温度	0~60℃/-20~45℃					
认证	CE					

1.4 产品明细

BCD 多轴系列驱动器含以下部件：BCD 多轴系列驱动器一台、相关线材若干。

表 2 BCD 多轴系列驱动器配件表

BCD 多轴系列驱动器 (1 台)	STO 端子组件 (1pcs)
	
电机编码器输出端子 DB15+D-SUB 外壳 (数量根据产品轴数确定)	电机动力端子 绿色 4P 插头 (数量根据产品轴数确定)
	
控制电源输入端子 灰色 3P 插头 (1pcs)	交流电源输入端子 绿色 3P 插头 (1pcs)
	
DIO 端子 三排 DB15+D-SUB 外壳 (1pcs)	交流电源输入端子 绿色 5P 插头 (1pcs)
	

1.5 产品标签

BCD 多轴系列驱动器产品 P 系列与非 P 系列的产品外观风格相似，型号和规格见驱动器背板上的产品标签。下图是多轴系列驱动器产品标签示例：

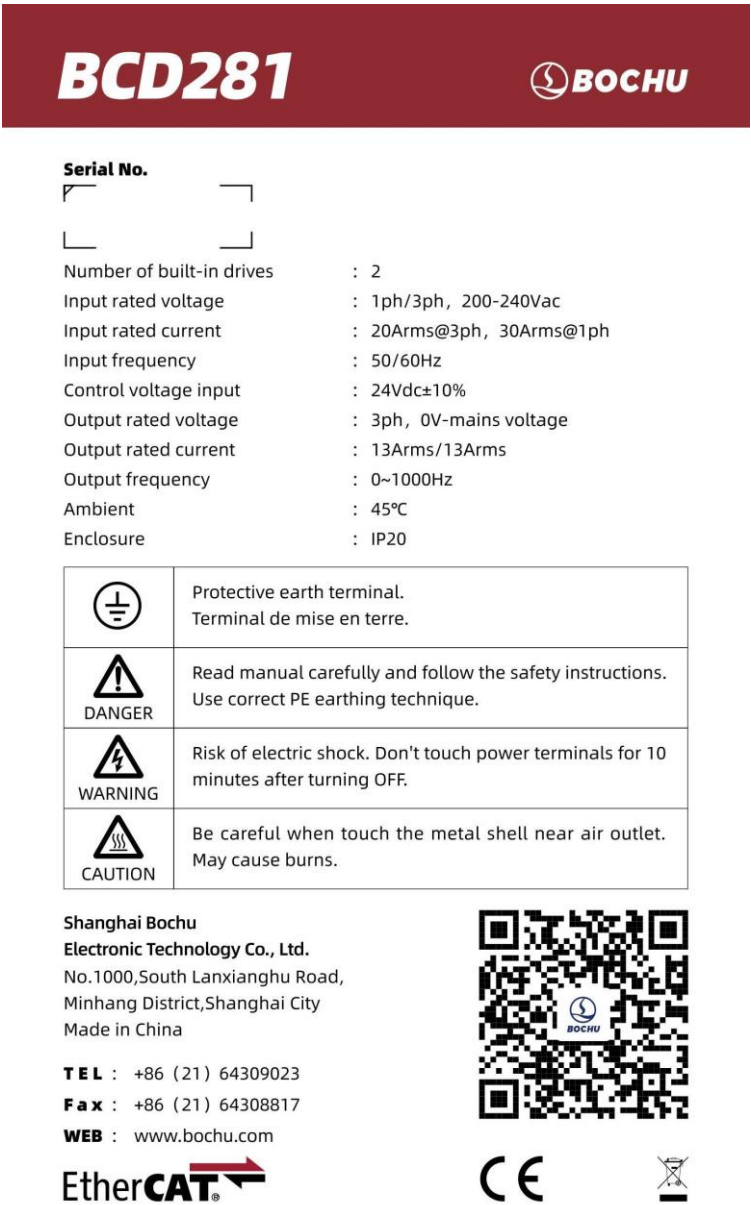


图 3 BCD281 产品标签

BCD281P



Serial No.



Number of built-in drives	: 2
Input rated voltage	: 1ph/3ph, 200-240Vac
Input rated current	: 20Arms@3ph, 30Arms@1ph
Input frequency	: 50/60Hz
Control voltage input	: 24Vdc±10%
Output rated voltage	: 3ph, 0V-mains voltage
Output rated current	: 13Arms/13Arms
Output frequency	: 0~1000Hz
Ambient	: 45°C
Enclosure	: IP20

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

Shanghai Bochu
Electronic Technology Co., Ltd.
No.1000,South Lanxianghu Road,
Minhang District,Shanghai City
Made in China

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



图 4 BCD281P 产品标签

2. 安全注意事项

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。驱动器和文件资料中使用下列安全警告标志：

表 3 安全警告标志表

标志	含义	描述	ISO7000/ IEC60417
 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
 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点击防护的任何端子，或保护接地电极端头	5019

2.2 安全指南

BCD 多轴系列驱动器用作机器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 多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 多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。

 **危险电压** BCD 多轴系列驱动器使用危险电压，必须妥当接地。

 **警告** 机器制造商和机器所有者负责机器操作员安全。

 **警告** 机器所有者和机器操作员负责确保机器通电条件下禁止人员进入危险区域（除非配备适当的功能性安全机构）。

只有合格人员才能执行安装、操作、检修和维护程序。这些合格人员必须受过充分技术培训并掌握充足知识，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。

所有执行产品工作的人员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。

2.2.1 安装安全

备注:BCD 多轴系列驱动器处理不当可能造成人身伤害或设备损坏。

将 BCD 多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 多轴系列驱动器必须经交流主电源的接地线接地。

(2) 与 BCD 多轴系列驱动器连接的任何传动控制器、PLC 或 PC，其所连接的接地线必须与 BCD 多轴系列驱动器所连接的接地线相同。

1. 安装或试运行 BCD 多轴系列驱动器前，审查所有相关产品资料。
2. 严格按照产品规范和安装说明进行安装。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 保护接地线泄漏电流接近于 3.5mA；因此，为符合 IEC61800-5-1 要求，可采用双 PE 连接(一个通过主电源接地线进行接地连接，另一个通过使用驱动器通用安装板处螺钉进行连接)，或使用横截面积大于 10mm²的铜连接电缆。
7. 除了用于保护接地外，不可使用带一条或多条绿色条纹的黄色电线。
8. 电源电缆额定值应至少为 600V，75°C。

2.2.2 操作安全

备注：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) 设备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) 操作过程中，该设备有带电部件。即使电机不转动，强电电源电缆也能携带高压。
- (5) 承受悬吊负荷或不平衡负荷的机床轴必须提供附加机械安全块（如电机控制制动器），以防止负荷失控坠落。当 STO 功能激活时，BCD 多轴系列驱动器不能保持负载悬吊。如载荷没有适当的保护措施，可能会造成严重伤害。

2.2.3 维护安全

备注：BCD 多轴系列驱动器处理不当可能造成身体伤害或设备损坏。



警告

- (1) 在对 BCD 多轴系列驱动器（或其驱动的机器）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 5 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 30V 后再处理组件。

2.3 认证

BCD281/BCD281P:

表 4 BCD281/BCD281P 认证说明

标准	命令/说明	认证标志
EN IEC61800-3:2018	电磁兼容性(EMC) 指令 2014/30/EU Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 2014/30/EU 可调速的电力传动系统.第 3 部分: 电磁兼容要求和特定试验方法 Adjustable speed electrical power drive systems - Part 3: EMC requirements and specific test methods	
EN 61800-5-1: 2007+A1:2017+A11:2021	低压指令(LVD) 2014/35/EU Low Voltage Directive 2014/35/EU 可调速电力驱动系统.第 5-1 部分: 安全要求电气、热力和能源 Adjustable speed electrical power drive systems - Part 5-1: Safety requirements - Electrical, thermal and energy	
IEC 国际电工委员会 International Electro technical Commission EN 欧洲标准 (欧洲规范) European Standards EU 欧洲议会和欧洲联盟理事会 European Union		

BCD351/BCD251/BCD251P/BCD351P:

表 5 BCD351/BCD251/BCD251P/BCD351P 认证说明

标准	指令/说明	认证标志
EN IEC61000-6-4:2019	电磁兼容性(EMC) 指令 2014/30/EU Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 2014/30/EU 电磁兼容性 (EMC).第 6-4 部分: 通用标准-工业环境辐射标准 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments	
EN IEC61000-6-2:2019	电磁兼容性(EMC) 指令 2014/30/EU Electromagnetic Compatibility (EMC) Directive 2014/30/EU 电磁兼容性(EMC).第 6-2 部分: 通用标准-工业环境抗扰性标准 Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic standards - Immunity standard for industrial environments	

EN IEC 62368-1:2020+A11:2020	低压指令(LVD) 2014/35/EU Low Voltage Directive 2014/35/EU 音视频与信息技术设备安全标准 Audio/video, information and communication technology equipment - Part 1: Safety requirements	
EN IEC 62368-1:2020+A11:2020	低压指令(LVD) 2014/35/EU Low Voltage Directive 2014/35/EU 音视频与信息技术设备安全标准 Audio/video, information and communication technology equipment - Part 1: Safety requirements	
IEC 国际电工委员会 International Electro technical Commission EN 欧洲标准 (欧洲规范) European Standards EU 欧洲议会和欧洲联盟理事会 European Union		

3. 规格

3.1 尺寸

各种型号 BCD 多轴系列驱动器产品外观尺寸可能不一致。产品外观如下图所示：

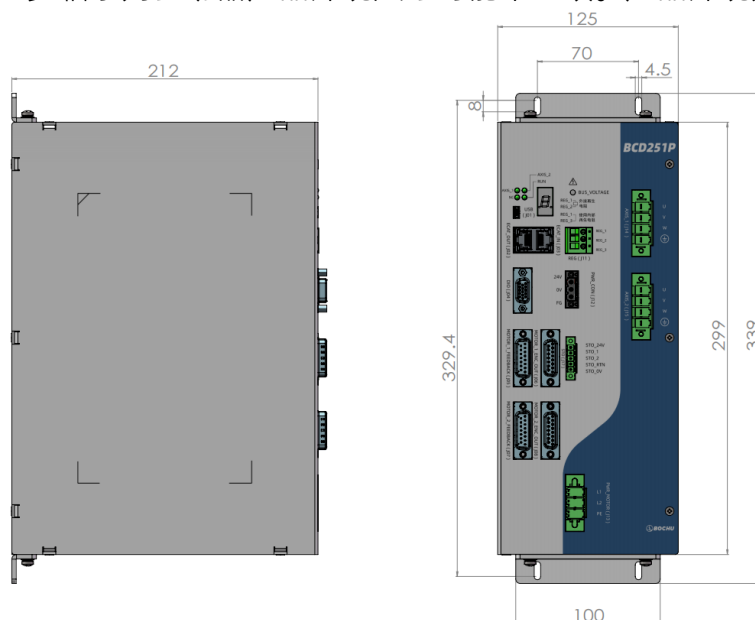


图 5 BCD251 系列尺寸图

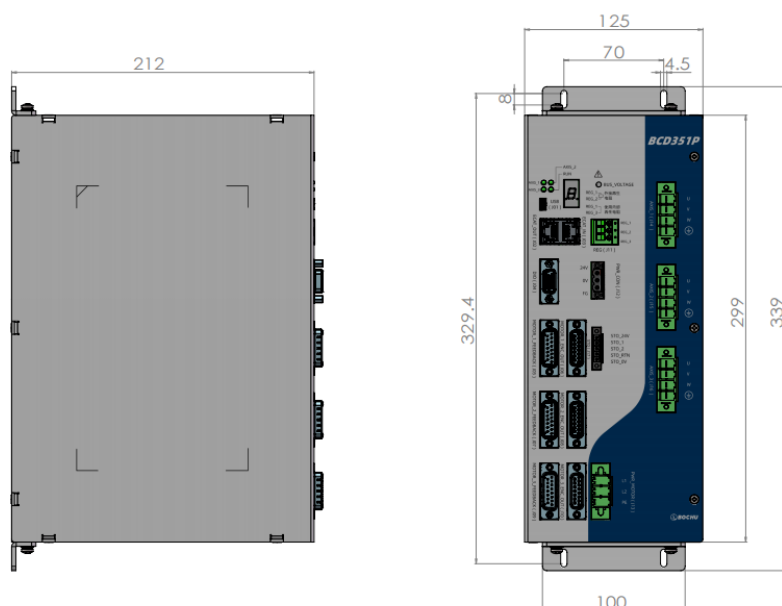


图 6 BCD351 系列尺寸图

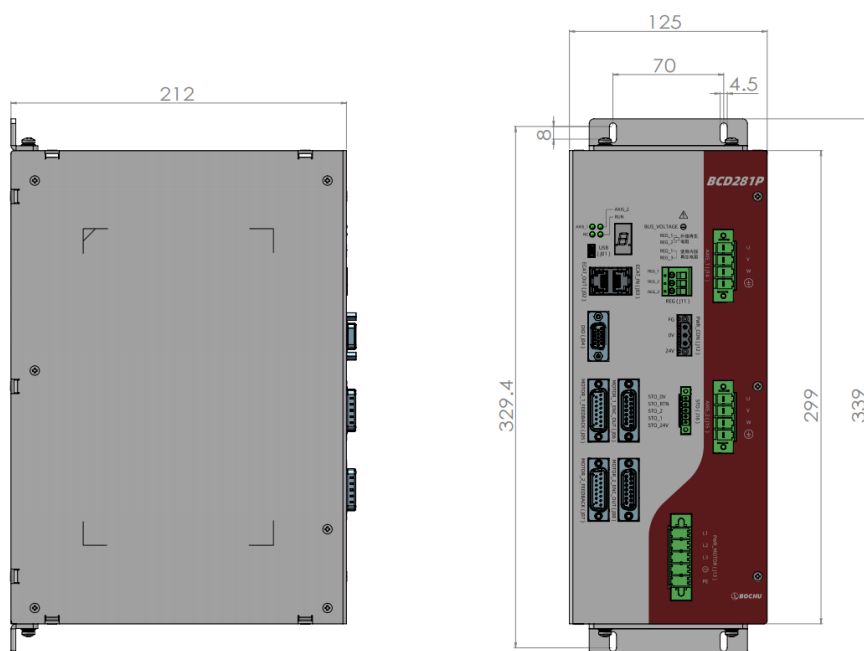


图 7 BCD281 系列尺寸图

3.2 产品装配要求



警告

- (1) 请小心拿放，在接触控制板电路或插/拔端子之前请戴上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) 除 USB 接口外其余接口禁止带电插拔，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。

3.3 机械安装

3.3.1 安装 BCD 多轴系列驱动器

使用产品通用安装板将 BCD 多轴系列驱动器安装在接地导电金属面板上。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》。

3.3.2 安装多个单元

由于 BCD281 系列产品与 BCD351/BCD251 系列产品散热方式不一致，建议使用不同产品安装多个单元时周围预留不同的间距。

当多个 BCD281 系列产品并排安装在一个机柜或机箱内时，建议产品左侧最小单元间距为 10mm，右侧最小单元间距为 30mm，最小顶部和底部间隙为 50mm。安装效果如下：

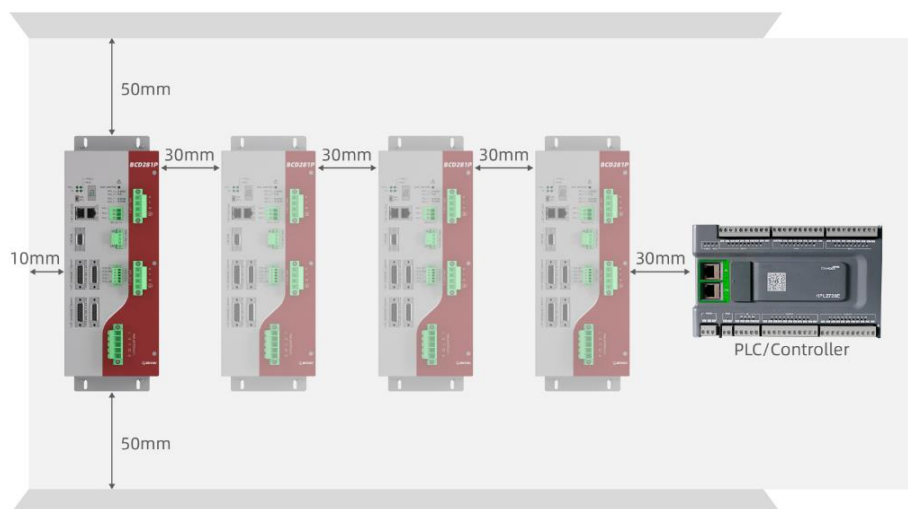


图 8 BCD281 系列机箱布局图

当多个 BCD251/BCD351 系列产品并排安装在一个机柜或机箱内时，建议产品左右两侧最小单元间距为 10mm，建议的最小顶部和底部间隙为 50mm。安装效果如下：

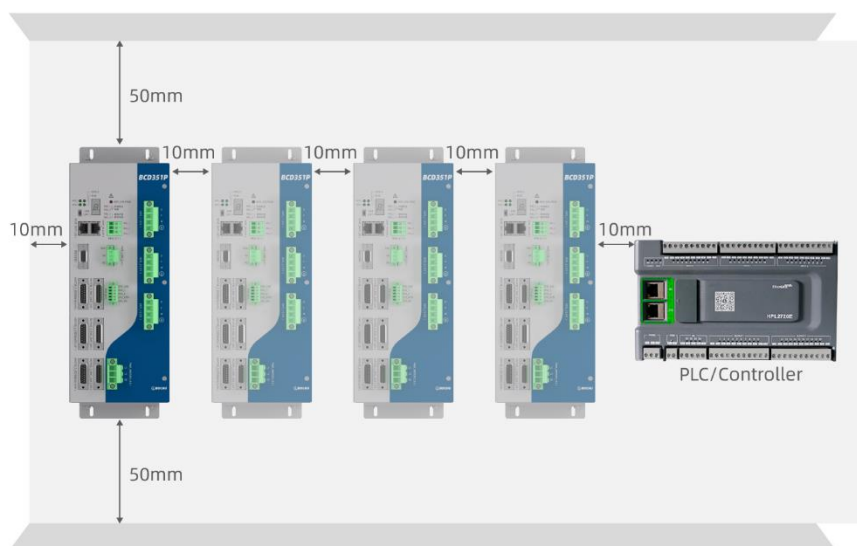


图 9 BCD251/BCD351 系列机箱布局图

重要的是保持机箱内环境温度不超过 45℃。建议在机柜底部安装一个冷却风扇，以实现最佳循环。

3.4 机电规范

表 6 机电规范表

规范		BCD351 系列	BCD251 系列	BCD281 系列
额定值				
输入功率电路	额定电压(交流电压线-中性点)±10%	220	220	220
	线频率(Hz)	50/60	50/60	50/60
	200-240VAC	1Phase	1Phase	1Phase/3Phase
	连续电流(Arms)	25	15	30
	线熔断器(FWP, 或同等产品)	20	20	30
	耐压(初级对地)	1500VAC(2121VDC)	1500VAC(2121VDC)	1500VAC(2121VDC)
控制电路输入功率	24Vdc	10W		
STO (安全转矩关断)	STO 电源(直流电压)	24V±10%		
驱动器输出	连续输出电流(Arms)	5	5	13
	连续输出电流(Apeak)	7.07	7.07	18.38
	峰值输出电流(Arms)2 秒	15	15	26
	峰值输出电流(Apeak)2 秒	21.21	21.21	36.76
	kVA, 交流电压 220V	3.3	2.2	5.6
	PWM 频率(kHz)	16	16	16
软启动	最大软启动浪涌电流(Apeak)	30	30	40
	最大充电时间(ms)	2400	2400	2400
功率电路损耗	W	150	100	100
总功率损耗	W	160	110	110
硬件				
连接硬件	PE 接地螺钉尺寸/转矩	M4x8/15kgf.cm	M4x8/15kgf.cm	M4x8/15kgf.cm
线号	控制电路(AWG) (3 米以下)	24-28	24-28	24-28
	主电路电机线路(AWG)	12	12	10
	主电路交流输入	16	16	12-14

	(AWG)			
	PE 接地螺钉			
安装	Book 安装			
净距离	左右(mm)	15	15	50
	顶部/底部(mm)	50	50	50
外部再生电阻器(B1+、B2)				
外部再生电阻器 要求(再生电阻 器不随驱动器提 供)	峰值电流(A)	30	30	50
	最小电阻(Ω)	15	15	15
	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《再生能量计算》		
应用信息	内总线电容(μ F)	3000	3000	4000
	再生电路开启阈值 (直流电压)	380Vdc	380Vdc	380Vdc
	再生电路关断阈值 (直流电压)	360Vdc	360Vdc	360Vdc

3.5 控制规范

表 7 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 62.5us(16kHz)
	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
线性装置	位置	计数、节距、mm、um
	速率	mm/s、um/s
	加速/减速	mm/s ² 、um/s ²

3.6 保护功能和环境规范

表 8 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	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	环境温度：工作温度 0-45°C，存储温度 0-60°C
	湿度：10-90%
	高度：如按照 IEC61800-5-1 标准规定间距要求，BCD 多轴系列驱动器规定使用高度为 2000 米以下。
	振动：1.0g
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

3.7 STO/功能安全规范

表 9 STO/功能安全规范表

STO/功能安全规范		
特性	参数	
STO 电源电压	额定电压	直流电压 24V
	电压等级，按照 EN61131-2 标准 2 类例外情况(工作电压为 15 伏直流而非 11 伏直流)	直流电压 15-24V：STO 功能未激活(允许动作) 直流电压 0-14.5V：STO 功能激活(动作抑制) 直流电压 14.5-15V：STO 功能无保证状态
	电源-外部	需要 SELV/PELV
	电源-内部	需要 STO 短接片
电缆	最大长度	30m
	线号	22-24AWG
电流损耗		直流电压 24V<200mA
最大反应时间	运动抑制时间范围	3.2ms

3.8 通信规范

表 10 通信规范表

通信规范	
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: 1ms
USB	基于 ASCII, UltraServo, 超级终端
	波特率: 115200bit/s
	最大电缆长度: 5 米
多轴同步	最多 20 个轴
	最大电缆长度: 3 米

3.9 输入/输出规范

表 11 输入/输出规范表

输入/输出规范		
特性	规范	
		BCD 多轴系列驱动器
等价编码器 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	10MHz
数字输入	数量	6
	信号	可配置, 光学隔离。 Sourcing 型信号输入。
	电压	24V(IEC61131)
	电磁干扰保护	是
	最大输入电流	1mA
	传输延迟时间	1ms
	频率	1kHz
快速数字输入	数量	3
	信号	可配置, 光学隔离。 Sourcing 型信号输入。
	电压	24V(IEC61131)
	电磁干扰保护	是
	最大输入电流	12.5mA
	传输延迟时间	1us
	频率	1MHz

数字输出	数量	4
	信号	可配置，光学隔离。 发射极开路。Sourcing 型信号输入。
	电压	24V(IEC61131)
	电磁干扰保护	是
	最大输出电流	500mA
	电量过载保护	是
	短路保护	是
	传输延迟时间	1ms

3.10 电机反馈规格

表 12 电机反馈规格表

电机反馈规格		
特性	规范	
电源	驱动器电源电压	直流电压 5V
	驱动器到编码器的最大电源 电流**	320mA@5V
电缆	最大长度	绝对式编码器最长为 20 米
增量编码器	差分 RS422	ABZ 编码器
	ABZ 信号最大输入频率	10MHz
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±0.5Vpp
	最大输入频率	500kHz
	协议	EnDat2.X, HIPERFACE
	输入阻抗	100Ω
	插值	最大 4096(12 位)
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

4. 接线说明

4.1 接线框图

4.1.1 BCD 多轴系列驱动器接线框图

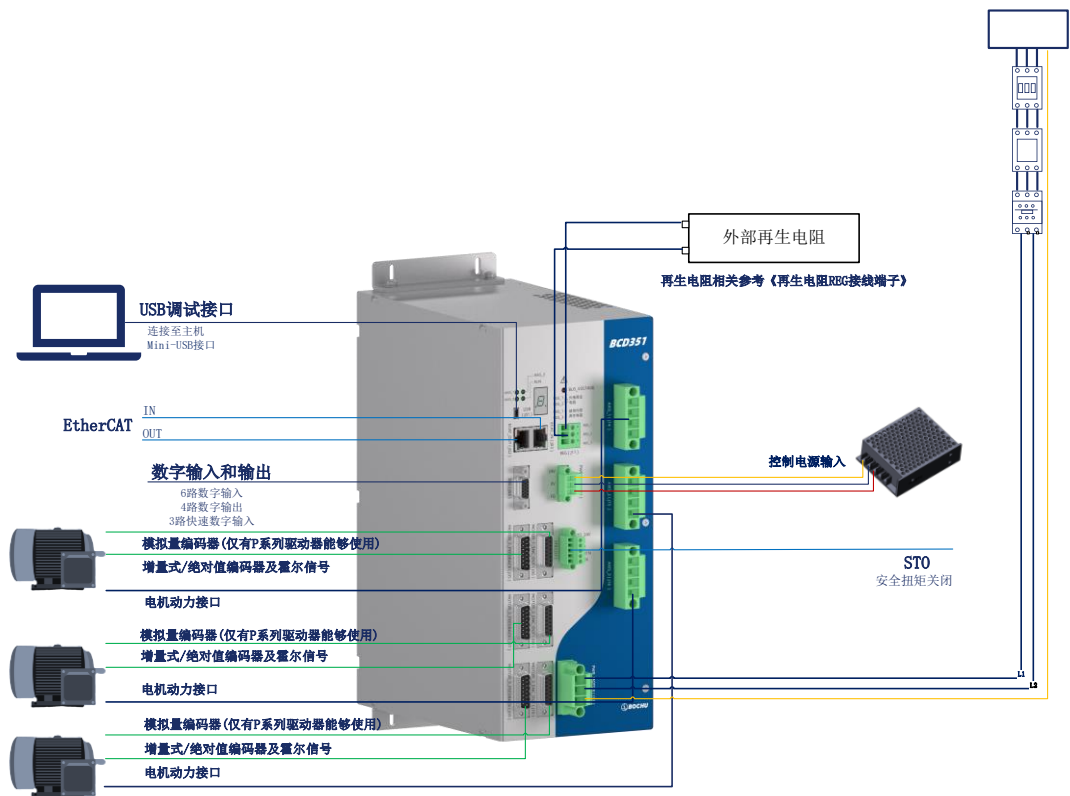


图 10 BCD351 接线框图

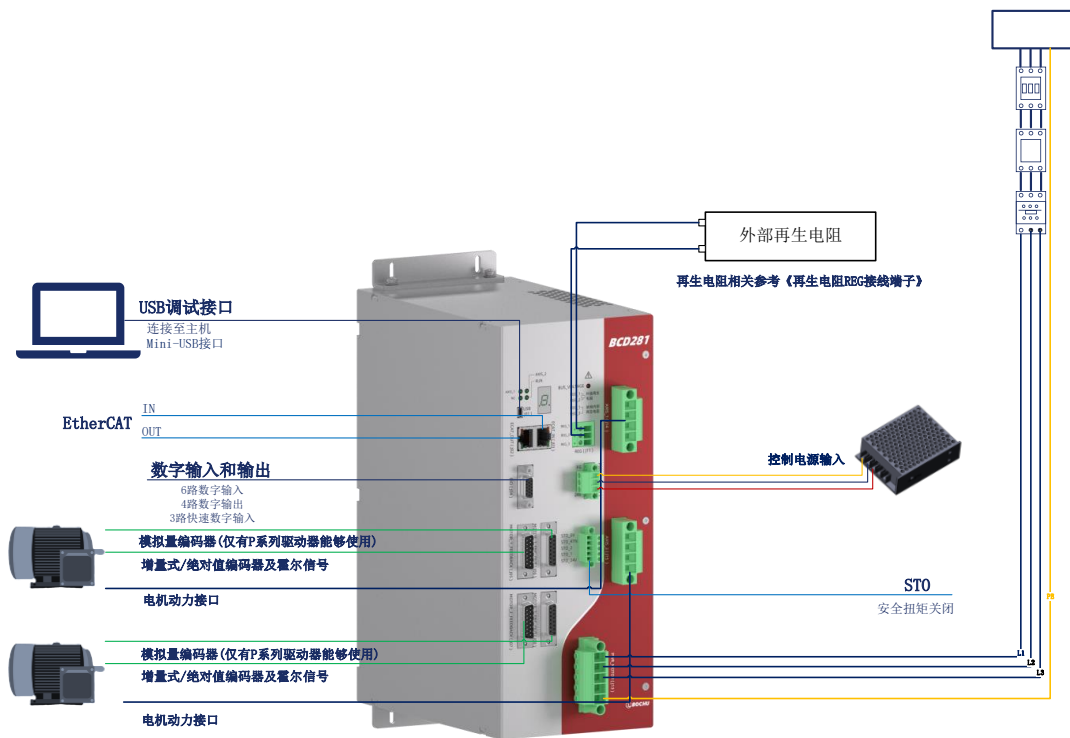


图 11 BCD281 接线框图

4.1.2 BCD 多轴系列驱动器接口布局及接口说明

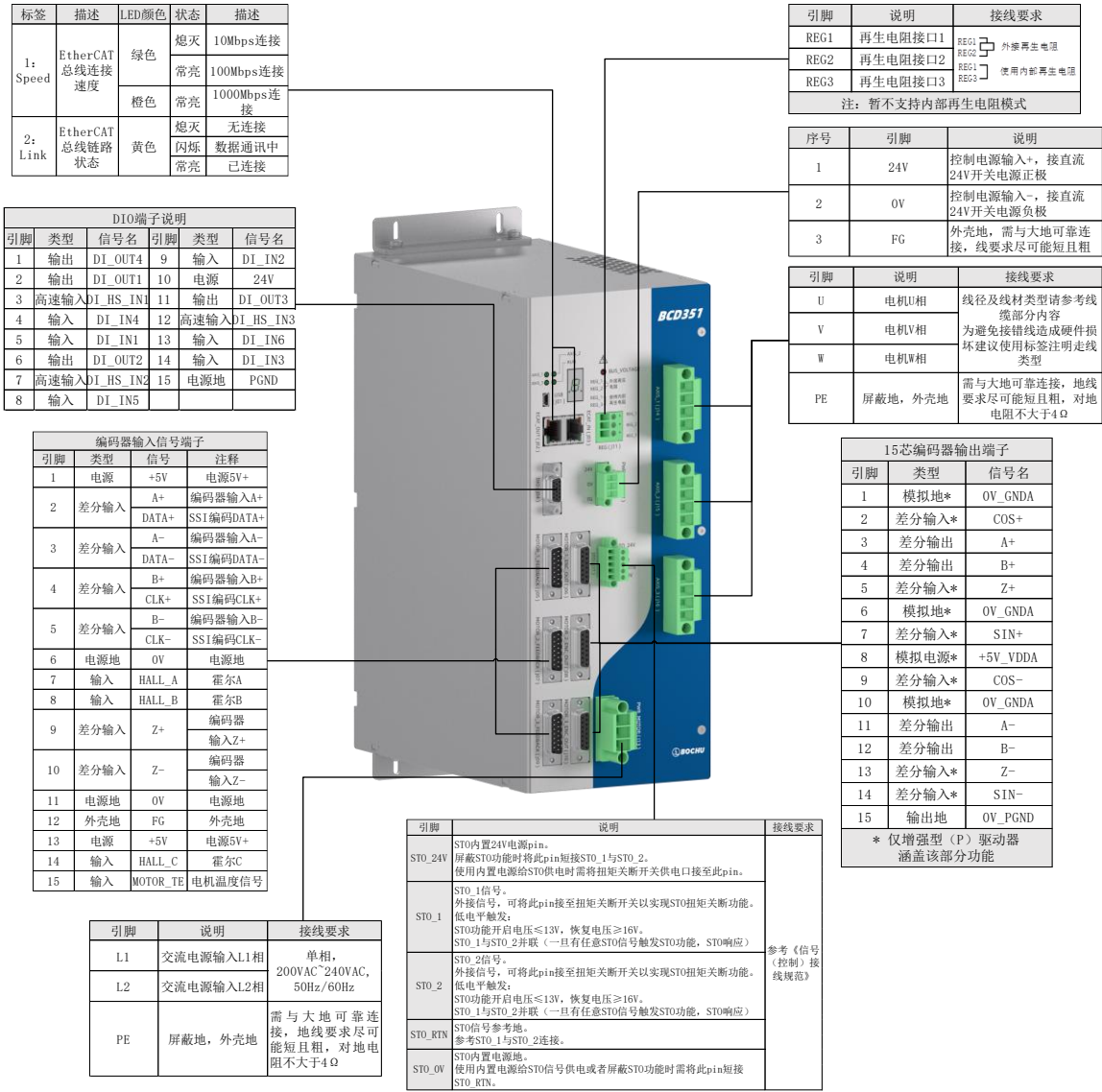


图 12 BCD351 接口布局及说明图

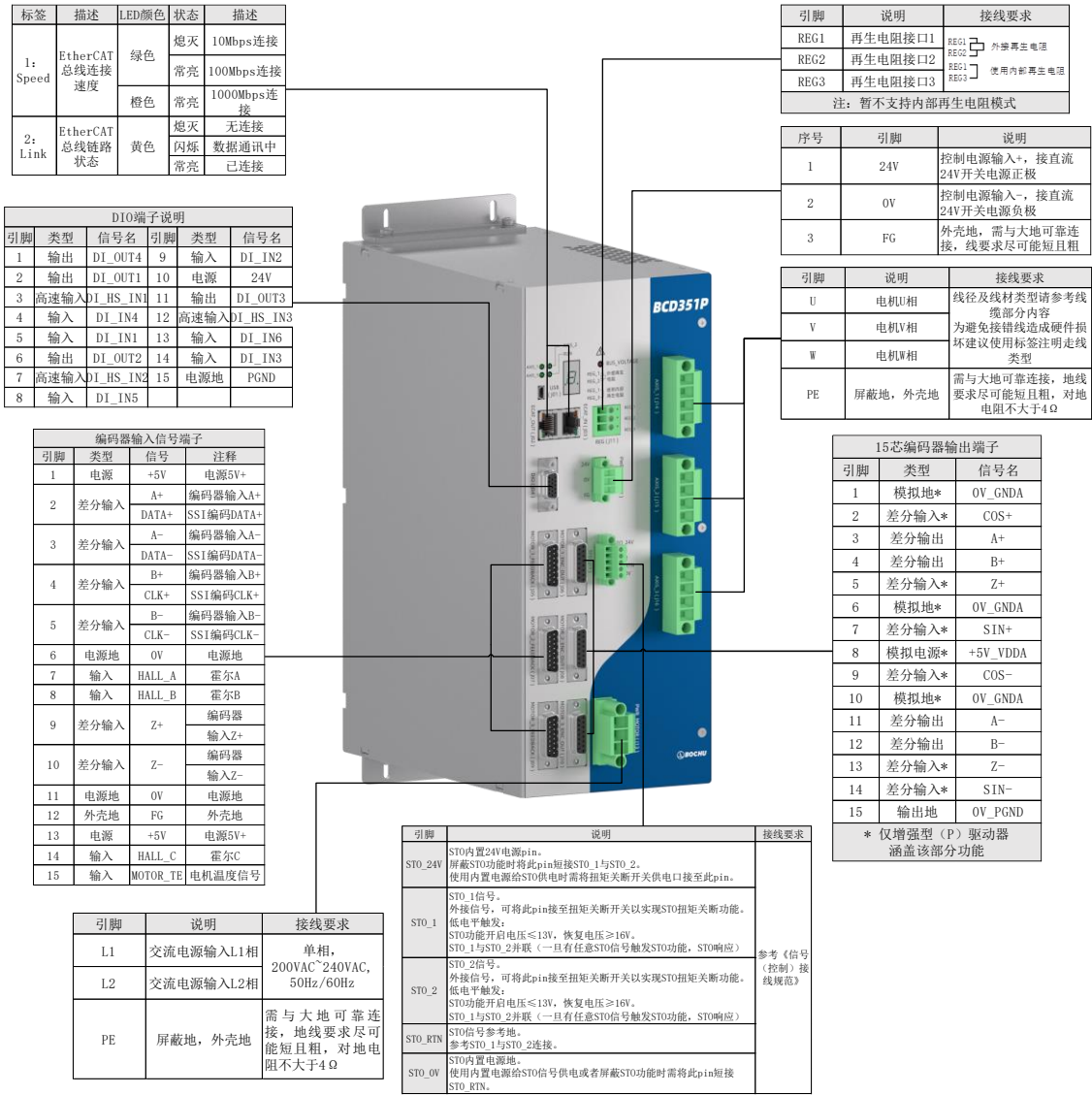


图 13 BCD351P 接口布局及说明图

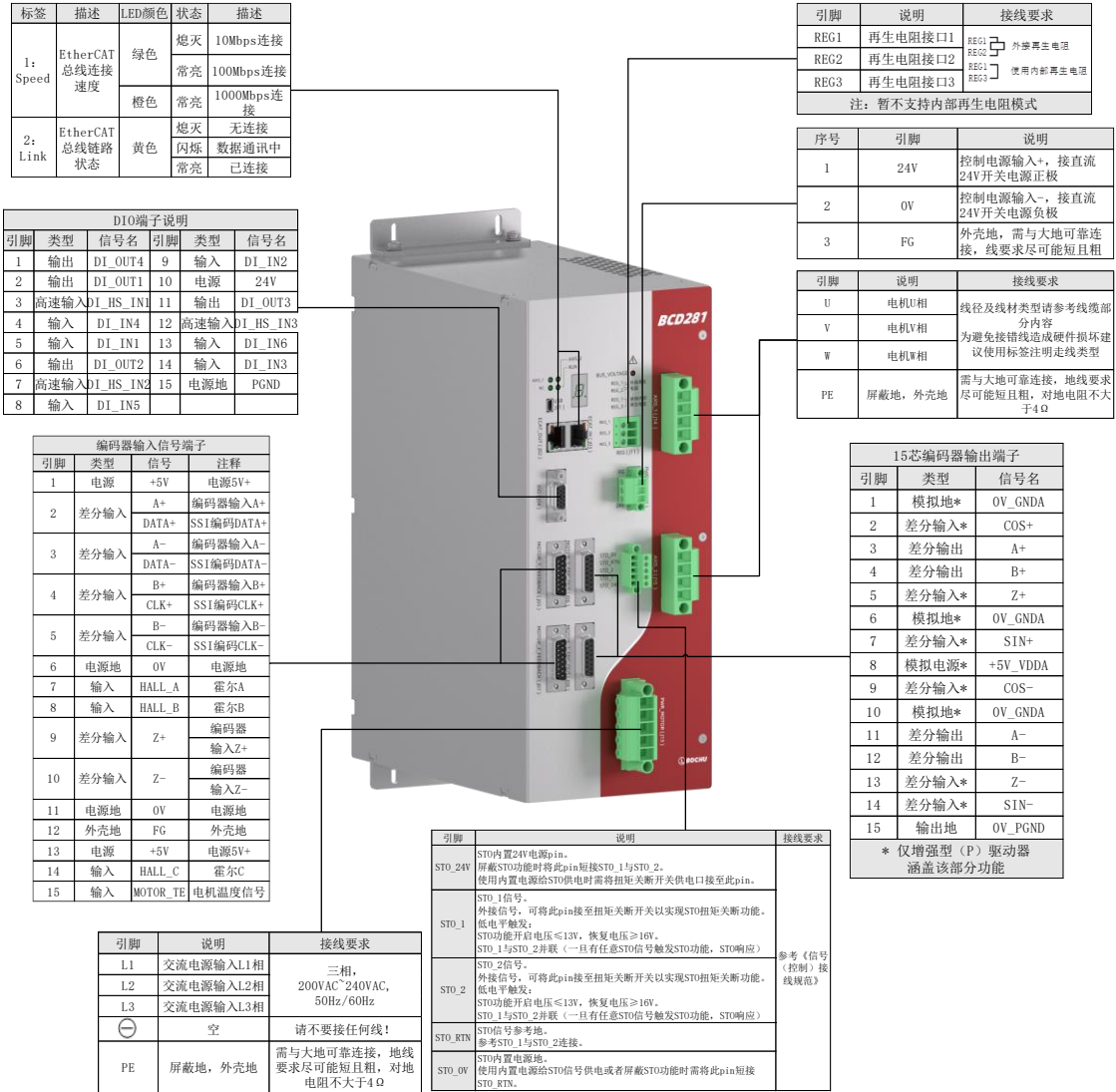


图 14 BCD281 接口布局及说明图

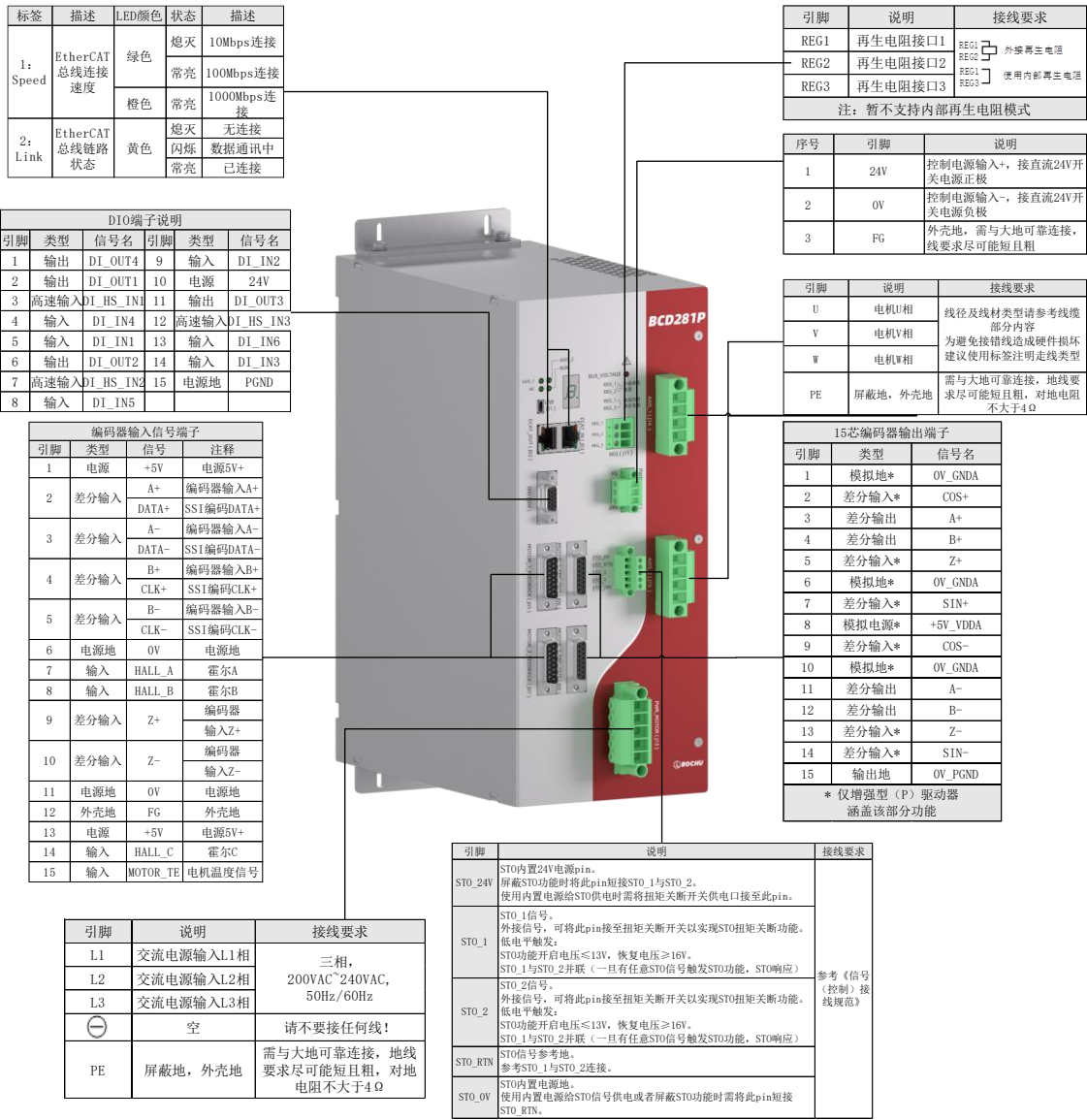


图 15 BCD281P 接口布局及说明图

4.1.3 BCD 多轴系列搭配柏楚系统接线框图

BCD351 驱动器在 FSCUT7000S 系统中的接线框图如下：

注：BCD251 仅比 BCD351 少支持一轴电机，其他都相同。

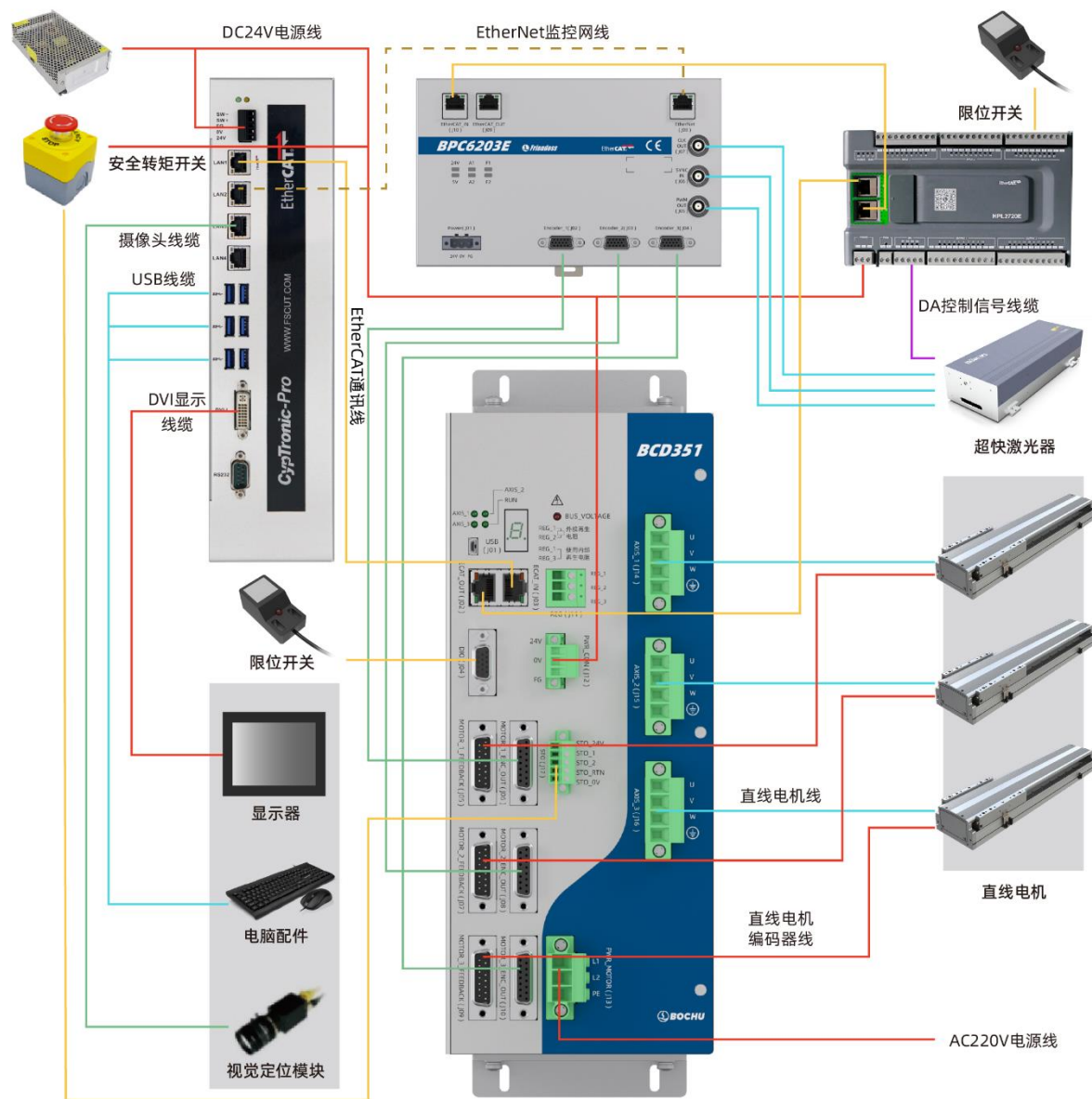


图 16 BCD351 驱动器接线框图

BCD281P 驱动器在 FSCUT7000S 系统中的接线框图如下：

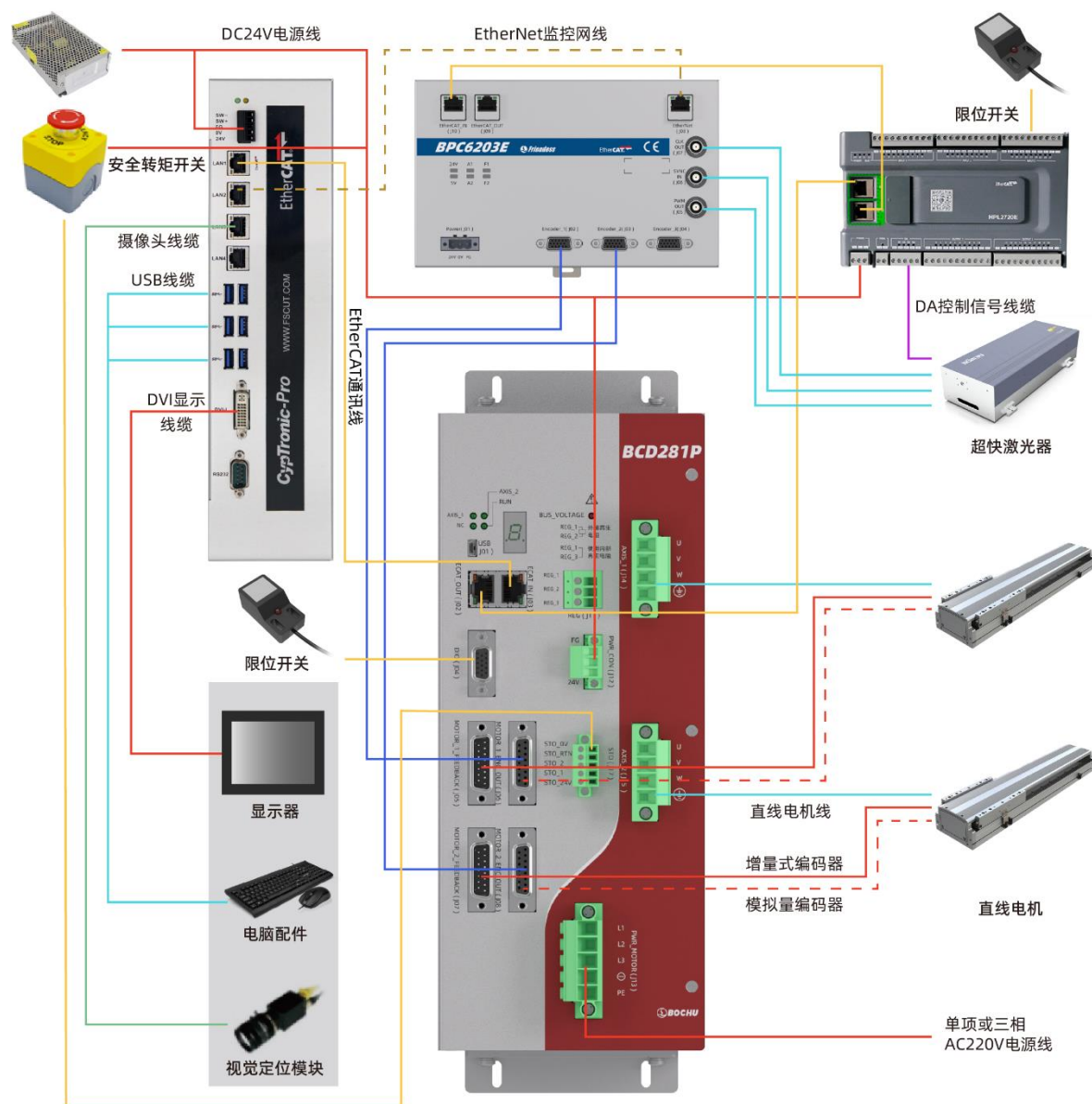


图 17 BCD281P 驱动器接线框图

4.2 接口说明

BCD 多轴系列是一款应用于精密加工行业的专用直线电机多轴合一驱动器。

BCD281/BCD281P 接线端子详细接口布局如下图所示：

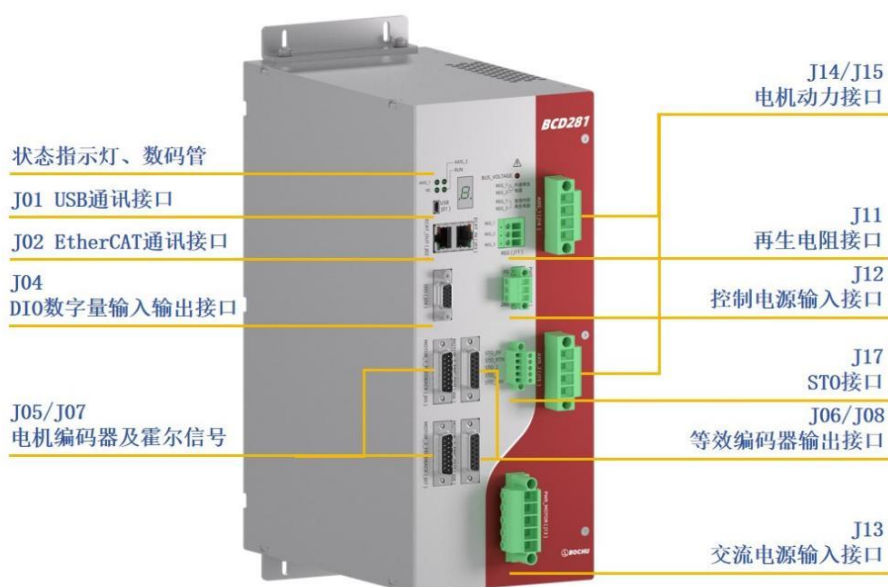


图 18 BCD281 接口布局

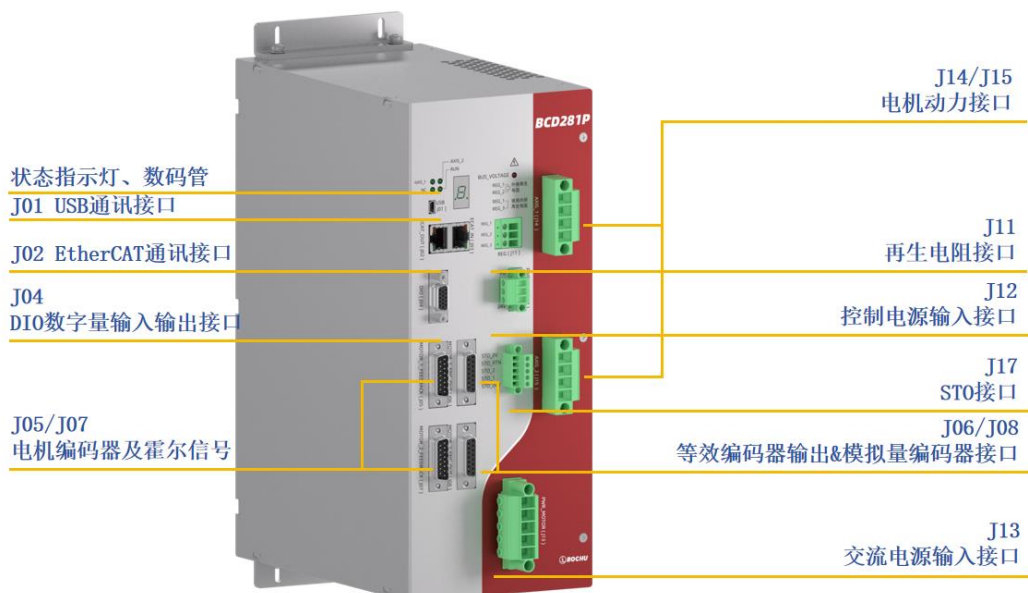


图 19 BCD281P 接口布局

BCD251/BCD251P 接线端子详细接口布局如下图所示：

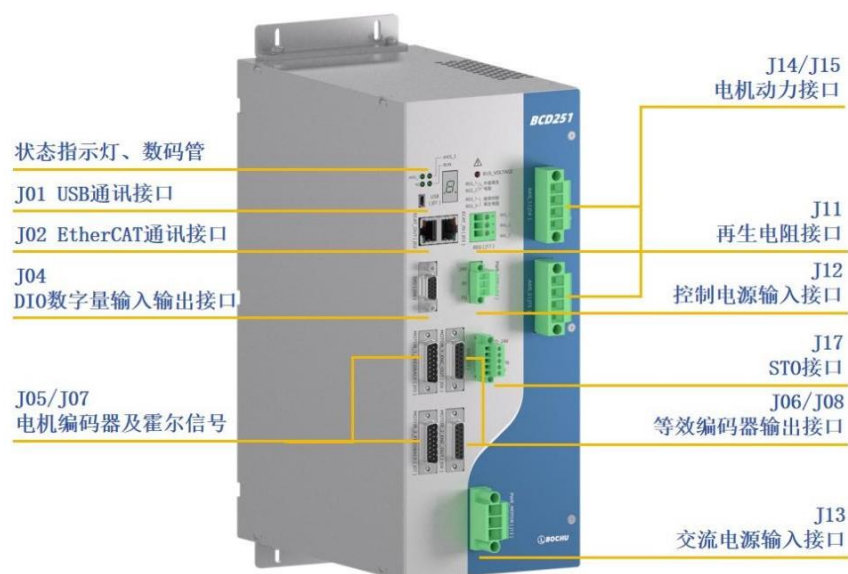


图 20 BCD251 接口布局

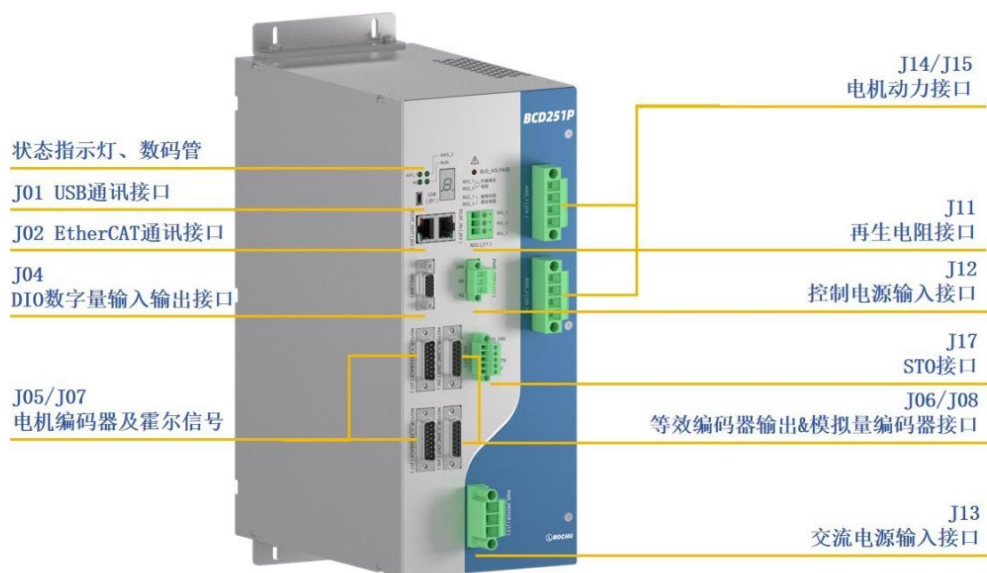


图 21 BCD251P 接口布局

BCD351/BCD351P 接线端子详细接口布局如下图所示：

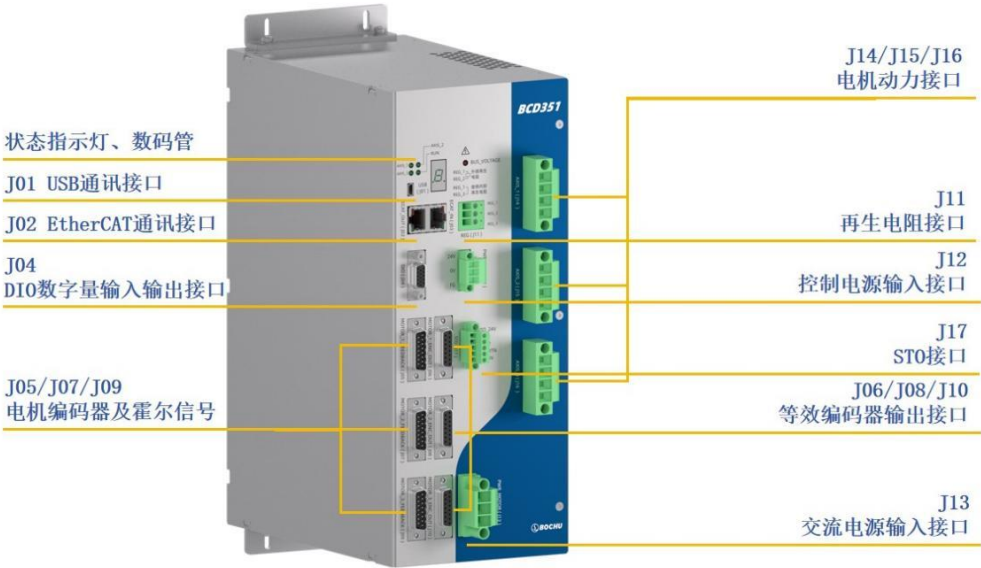


图 22 BCD351 接口布局

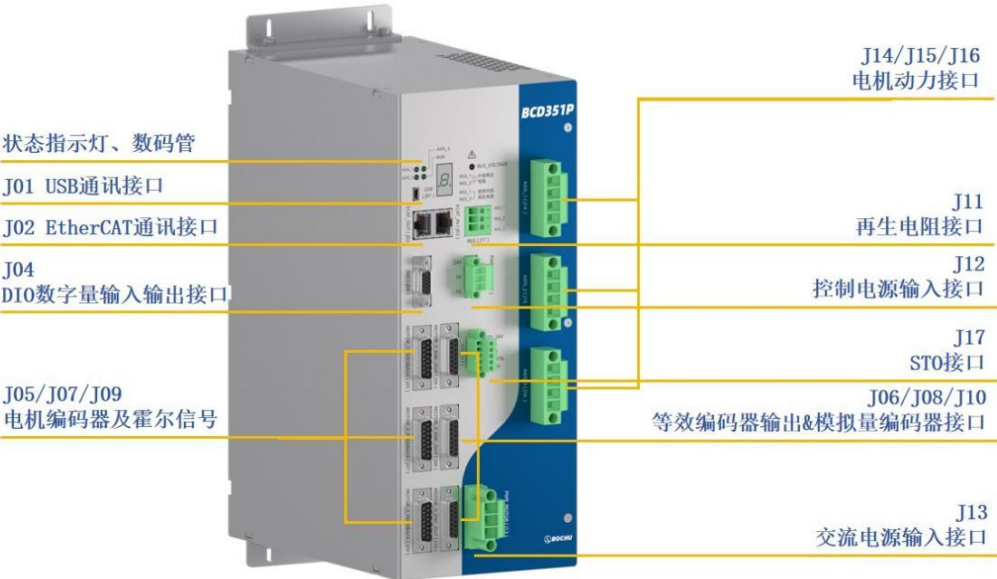


图 23 BCD351P 接口布局

4.2.1 J01 USB 通讯端子

USB 调试端子用于调试使用。接口为标准的 USB-miniA 接口，可使用 PC 或笔记本上 USB 接口直接相连。



图 24 J01 USB 通讯端子说明

备注：BCD 多轴驱动器 USB 驱动器程序已打包至 UltraServo，调试软件安装时自动安装，无需单独安装。

4.2.2 J02/J03 EtherCAT 通讯端子

J03 为 EtherCAT 输入接口，J02 为 EtherCAT 输出接口。

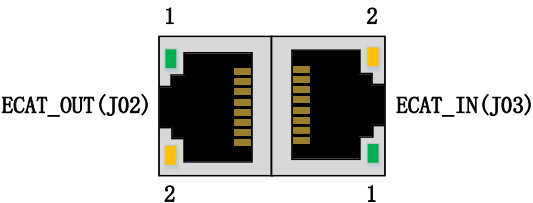


图 25 J02/J03 EtherCAT 通讯端子说明

表 13 网络端子 RJ45 连接状态说明

标签	描述	LED 颜色	状态	描述
1: Speed	EtherCAT 总线连接速度	绿色	熄灭	10Mbps 连接
			常亮	100Mbps 连接
		橙色	常亮	1000Mbps 连接
2: Link	EtherCAT 总线链路状态	黄色	熄灭	无连接
			闪烁	数据通讯中
			常亮	已连接



警告 必须使用我司标配网线连接至 EtherCAT 主站或从站。

4.2.3 J04 DIO 数字量输入输出端子

J04 DIO 数字输入输出端子是一组通用的 IO 信号，用于各种自动化的应用。
未使用的引脚必须保持不接线。
所有 BCD 多轴驱动器型号的所有数字输入和数字输出均为光隔离。
所有数字输入和数字输出可以进行源型（source）连接。
该端子是 DB15 芯三排母头接口。

表 14 三排 15 芯 DIO 数字量输入输出信号端子说明

DIO 端子说明					
引脚	类型	信号名	引脚	类型	信号名
1	输出	DI_OUT4	9	输入	DI_IN2
2	输出	DI_OUT1	10	电源	24V
3	高速输入	DI_HS_IN1	11	输出	DI_OUT3
4	输入	DI_IN4	12	高速输入	DI_HS_IN3
5	输入	DI_IN1	13	输入	DI_IN6
6	输出	DI_OUT2	14	输入	DI_IN3
7	高速输入	DI_HS_IN2	15	电源地	PGND
8	输入	DI_IN5			

数字输入和高速输入接线：

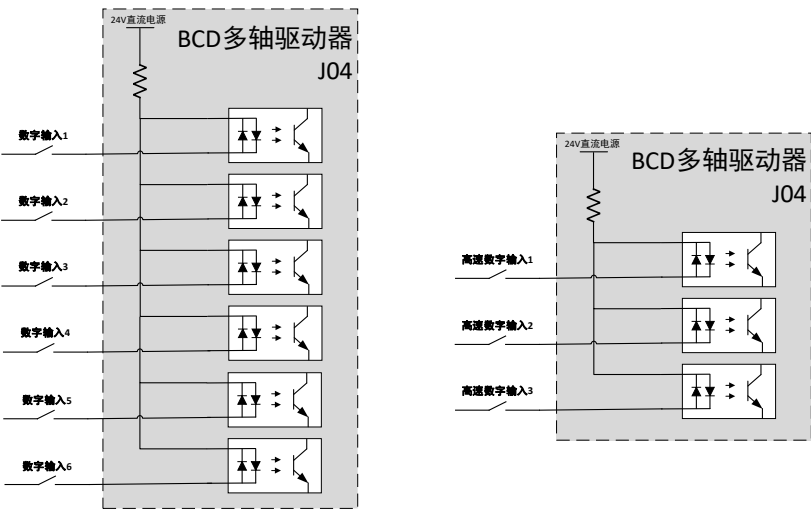


图 26 J04 数字输入和高速输入接线图

J04 数字输出接线：

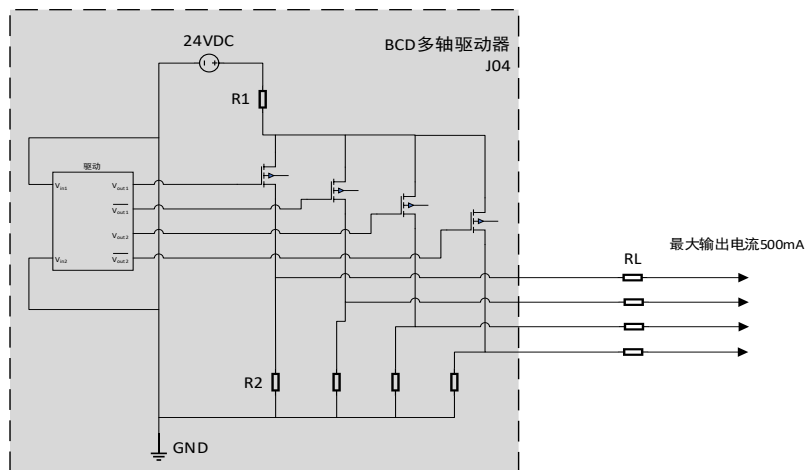


图 27 J04 数字输出接线图

4.2.4 J05/07/09 电机编码器及霍尔信号输入端子

J05/07/09 是直线电机侧的编码器输入信号端子，接收来自于直线电机的编码器输入或霍尔输入信号。该端子外形为 DB15 芯双排公头接口。

与之配套使用的标准伺服电缆线信号线定义如下表所示：

表 15 直线电机侧编码器输入信号端子说明

	编码器输入信号端子							
	引脚	类型	信号	注释	引脚	类型	信号	注释
	1	电源	+5V	电源 5V+	9	差分输入	Z+	编码器输入 Z+
	2	差分输入	A+	编码器输入 A+	10	差分输入	Z-	编码器输入 Z-
			DATA+	SSI 编码 DATA+				
	3	差分输入	A-	编码器输入 A-	11	电源地	0V	电源地
			DATA-	SSI 编码 DATA-				
	4	差分输入	B+	编码器输入 B+	12	外壳地	FG	外壳地
			CLK+	SSI 编码 CLK+				
	5	差分输入	B-	编码器输入 B-	13	电源	+5V	电源 5V+
			CLK-	SSI 编码 CLK-				
	6	电源地	0V	电源地	14	输入	HALL_C	霍尔 C
	7	输入	HALL_A	霍尔 A	15	输入	MOTOR_TE	电机温度信号
	8	输入	HALL_B	霍尔 B				

电机反馈接线：

下表所示为最常见的反馈编码器。若您需要其他信息或者您的电机反馈与以下任何一项不符，请联系柏楚技术支持。

1. A/B/Z 增量式编码器

表 16 A/B/Z 增量式编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
1、13		电源 5V+
2	双绞线	增量式编码器 A+
3		增量式编码器 A-
4	双绞线	增量式编码器 B+
5		增量式编码器 B-
9	双绞线	增量式编码器 Z+
10		增量式编码器 Z+
6、11		电源地

2. A/B/Z 增量式编码器带霍尔接线

表 17 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
1、13		电源 5V+
2	双绞线	增量式编码器 A+
3		增量式编码器 A-
4	双绞线	增量式编码器 B+
5		增量式编码器 B-
9	双绞线	增量式编码器 Z+
10		增量式编码器 Z+
7		霍尔_A
8		霍尔_B
14		霍尔_C
6、11		电源地

3. 多摩川 (Tamagawa) 绝对值编码器

表 18 多摩川 (Tamagawa) 绝对值编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
1、13		电源 5V+
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、11		电源地

4. BISS-C 编码器

表 19 BISS-C 编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
1、13		电源 5V+
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、11		电源地

5. HEIDENHAIN 编码器（仅限 EnDat 2.x 通讯）

表 20 HEIDENHAIN 编码器（仅限 EnDat 2.x 通讯）

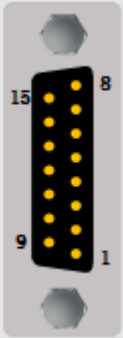
引脚编号	双绞线	信号说明
1、13		电源 5V+
2	双绞线	绝对值编码器 DATA+
3		绝对值编码器 DATA-
4	双绞线	绝对值编码器 CLK+
5		绝对值编码器 CLK-
6、11		电源地

4.2.5 J06/08/10 编码器输出端子

J06/08/10 是直线电机侧的模拟量编码器输入与 PSO 脉冲输出端子，可以支持模拟量编码器电机。该端子外形为 DB15 芯双排母头接口。

与之配套使用的标准伺服电缆线信号线定义如下表所示：

表 21 编码器输出控制信号端子说明

	15 芯编码器输出端子					
	引脚	类型	信号名	引脚	类型	信号名
	1	模拟地*	0V_GNDA	9	差分输入*	COS-
	2	差分输入*	COS+	10	模拟地*	0V_GNDA
	3	差分输出	A+	11	差分输出	A-
	4	差分输出	B+	12	差分输出	B-
	5	差分输入	Z+	13	差分输入	Z-
	6	模拟地*	0V_GNDA	14	差分输入*	SIN-
	7	差分输入*	SIN+	15	输出地	0V_PGND
	8	模拟电源*	+5V_VDDA			
* 仅增强型（P）驱动器涵盖该部分功能						

模拟量电机反馈接线：

1. 正弦/余弦增量式编码器

表 22 正弦/余弦增量式编码器

引脚编号	双绞线	信号说明
1、6		模拟电源地
2	双绞线	模拟量编码器 COS+
9		模拟量编码器 COS-
7	双绞线	模拟量编码器 SIN+
14		模拟量编码器 SIN-
5	双绞线	Z 相信号 Z+
13		Z 相信号 Z-
8		模拟电源 5V+

2. 正弦/余弦增量式编码器带霍尔

表 23 正弦/余弦增量式编码器带霍尔

端口编号	引脚编号	双绞线	信号说明
J06/08/10	1、6		模拟电源地
	2	双绞线	模拟量编码器 COS+
	9		模拟量编码器 COS-
	7	双绞线	模拟量编码器 SIN+
	14		模拟量编码器 SIN-
	5	双绞线	Z 相信号 Z+
	13		Z 相信号 Z-
	8		模拟电源 5V+
J05/07/09	7		霍尔_A
	8		霍尔_B
	14		霍尔_C

4.2.6 J11 再生电阻 REG 接线端子

REG 再生电阻端子用于设置再生电阻的端子，分为外部再生电阻或内部再生电阻两种情况。

表 24 再生电阻设置说明表

	引脚	说明	接线要求
	REG1	再生电阻接口 1	 外接再生电阻
	REG2	再生电阻接口 2	
	REG3	再生电阻接口 3	 使用内部再生电阻
注：暂不支持内部再生电阻模式			

1. 再生能量概述

当电机和负载迅速减速时，负载的动能将电机轴能量驱回驱动器；这被称为再生能量或者再生。这种能量必须消散或吸收。

未消散的再生能量被添加到已经存储在总线模块电容器的电能中。若电容器能够存储该能量，则系统不需要再生电阻器。在某些情况下，通常由于负载和电机之间的高惯性失配，会向电容器添加过多的能量，导致电容器上的电压达到过压阈值，然后导致驱动器被禁用。为了防止过电压以及对系统的潜在损坏，必须通过再生电阻器消耗过多的再生能量。

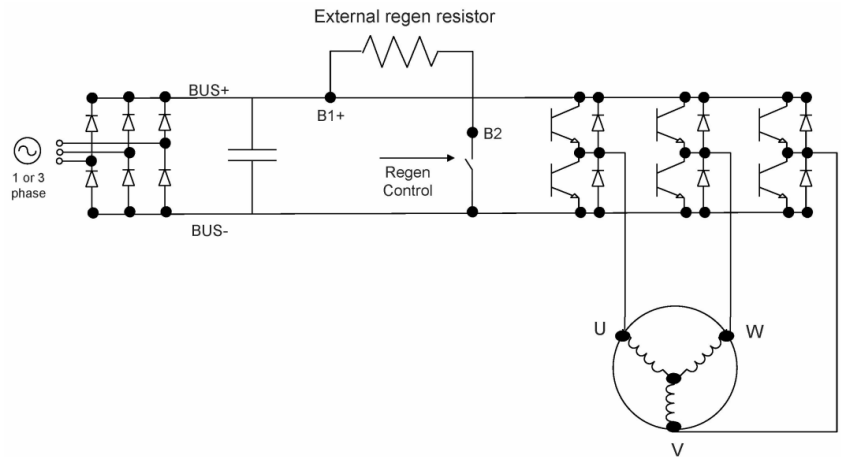


图 28 再生电阻工作电路

要确定系统是否需要再生电阻器以及确定容量水平（若需要），可参阅《再生电阻计算》来计算系统的性能。

2. 再生电阻计算

(1) 母线电压规格及可吸收能量值

表 25 多轴系列驱动器母线电压规格

驱动器型号	额定电压 (母线电压)	高压电压值	过压电压值	最大电压	可吸收再生能量 (E_S)
BCD281	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	13.09J
BCD281P	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	13.09J
BCD351	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	9.805J
BCD351P	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	9.805J
BCD251	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	9.805J
BCD251P	310Vdc	380Vdc	395Vdc	400Vdc	9.805J

(2) 判断是否需要外部再生

运行周期加速、减速运行时再生电阻器消耗能量如下图。

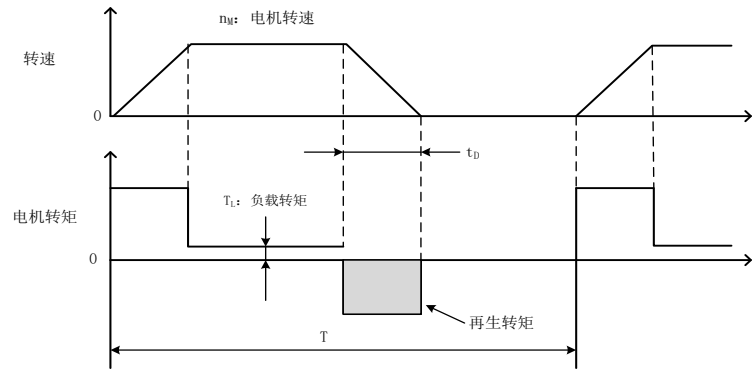


图 29 再生电阻器消耗能量图

① 步骤一：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 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

J_L = 负载惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

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)

② 步骤二：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：

$$E_{motor} = 3I_M^2(R_M/2)t_d$$

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 (Arms 相电流)

t_d = 减速时间 (s)

③ 步骤三：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 (Nm)

④ 步骤四：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)

根据上述计算得出值，可知

表 26 外部再生电阻判断表

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

3. 外接再生电阻计算

① 步骤一：确定再生电阻最大值

首先应当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：

$$V_B = K_B N - \sqrt{3} I_M (R_M / 2)$$

式中：

V_B = 驱动器受到反电动势导致电压波动 (V)

K_B = 反电动势常数 ($V_{rms}/(m/s)$)

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：

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

式中：

R_{Max} = 再生电阻最大阻值 (Ω)

② 步骤二：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 系列 $C=0.004069F$ ，BCD251/BCD351 系列 $C=0.003069F$)

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)

③ 步骤三：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)

4. 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 27 再生电阻模块参数表

UltraServo 参数值	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	/	/
再生制动电阻阻值	/	R_{Regen}	选用再生电阻阻值 (Ω)
再生制动电阻功率	/	/	选用再生电阻阻值 (W)
再生制动系数	/	内部设置为 20%	考虑再生电阻发热及安全, 进行功率降额设计
再生制动电阻启用电压	/	V_{High}	再生制动电阻启用电压 (V)

5. 再生电阻过载保护

BCD 多轴系列驱动器在再生制动过程中会承担较大的功率及电流, 如果再生电阻承担能量大于其瞬时能量耗散, 驱动器报警。据此可调整外接再生电阻规格。

 **注意** 过载保护触发后可能同时触发驱动器高压/过压报警。

4.2.7 J12 控制电源输入端子

控制电源输入是直流 24V 电源输入。FG 需与开关电源 FG 信号可靠连接, 该地线要求尽可能短且粗, 既能够提高驱动系统的稳定性, 更能够防止由外部静电或浪涌导致的损坏。

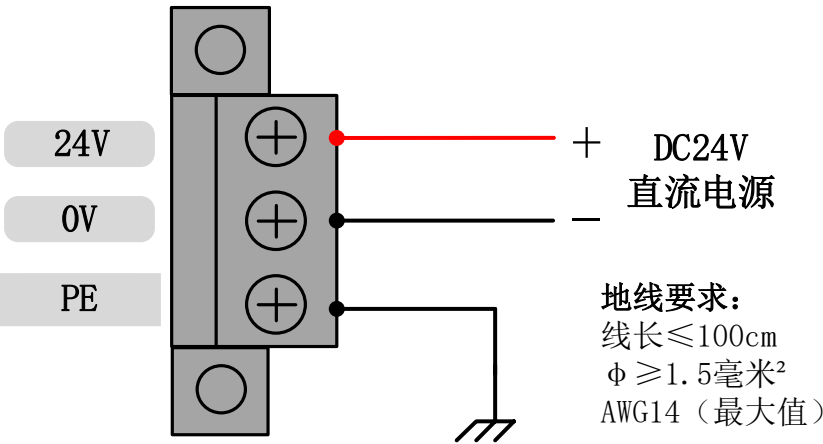
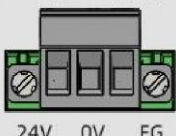


图 30 J12 控制电源输入接线说明

表 28 J12 控制电源端子说明

 PWR_CON (J12) 24V 0V FG	序号	引脚	说明
	1	24V	控制电源输入+, 接直流 24V 开关电源正极
	2	0V	控制电源输入-, 接直流 24V 开关电源负极
	3	FG	外壳地, 需与大地可靠连接, 接线要求尽可能短且粗

4.2.8 J13 交流电源输入端子

BCD251 和 BCD351 支持单相 220V 电源输入。

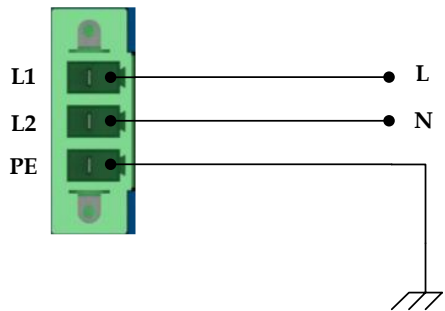


图 31 BCD251/BCD351 电源输入接线图

BCD281 既支持单相 220V 电源输入，又支持三相 220V 输入；推荐客户采用三相 220V 接法：

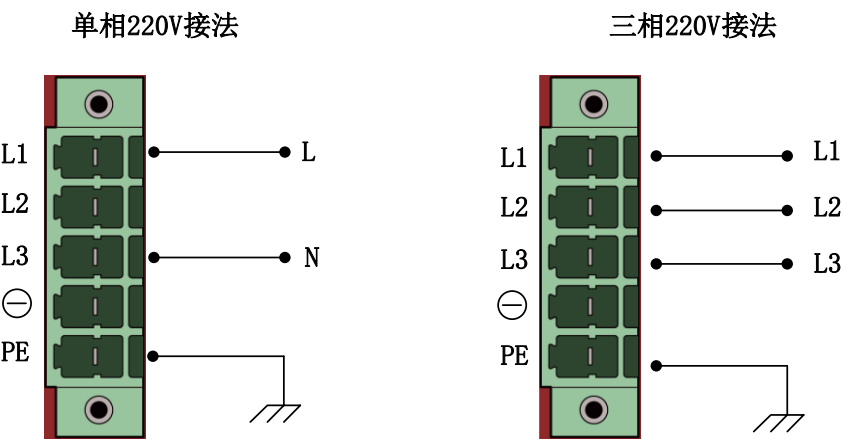
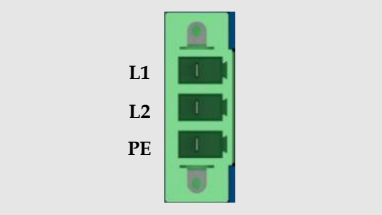


图 32 BCD281 电源输入接线图

表 29 BCD281/BCD281P 交流电源输入端子说明

	引脚	说明	接线要求
	L1	交流电源输入 L1 相	三相，200VAC~240VAC,50Hz/60Hz
	L2	交流电源输入 L2 相	
	L3	交流电源输入 L3 相	
	⊖	空	请不要接任何线！
	PE	屏蔽地，外壳地	需与大地可靠连接，地线要求尽可能短且粗，对地电阻不大于 4Ω

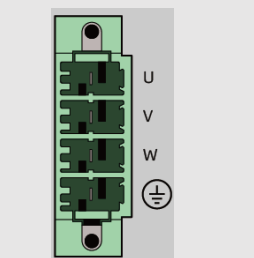
表 30 BCD251/BCD351/ BCD251P/BCD351P 交流电源输入端子说明

	引脚	说明	接线要求
	L1	交流电源输入 L1 相	单相，200VAC~240VAC,50Hz/60Hz
	L2	交流电源输入 L2 相	
	PE	屏蔽地，外壳地	需与大地可靠连接，地线要求尽可能短且粗，对地电阻不大于 4Ω

4.2.9 J14/15/16 电机动力线端子

电机接线端子主要用于连接直线电机的线圈，用于驱动直线电机。

表 31 J01 电源端子说明

	引脚	说明	接线要求
	U	电机 U 相	线径及线材类型请参考线缆部分内容，为避免接错线造成硬件损坏，建议使用标签注明走线类型
	V	电机 V 相	
	W	电机 W 相	
	PE	屏蔽地，外壳地	需与大地可靠连接，地线要求尽可能短且粗，对地电阻不大于 4Ω



警告

当电源切断时，驱动器内部大电容含有大量的电荷，请不要触碰 U，V，W 及 L，N 这些电力线，以免触电！请等待充电灯熄灭后，方可接触！

4.2.10 J17 STO 端子

STO 端子主要用于支持驱动器 STO 功能。

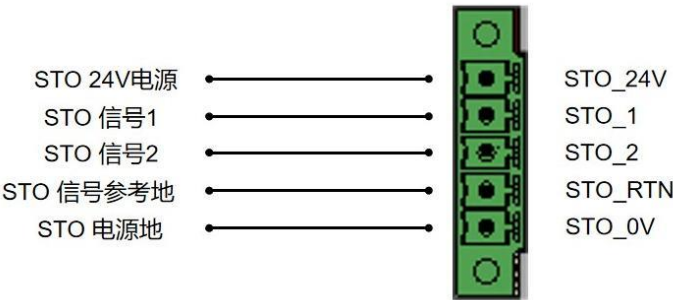


图 33 J17 STO 端子接线说明

表 32 J17 STO 端子接线说明

引脚	说明	接线要求
STO_24V	STO 内置 24V 电源 pin。 屏蔽 STO 功能时将此 pin 短接 STO_1 与 STO_2。 使用内置电源给 STO 供电时，需将扭矩关断开关供电口接至此 pin。	参考《信号（控制）接线规范》
STO_1	STO_1 信号。 外接信号，可将此 pin 接至扭矩关断开关以实现 STO 扭矩关断功能。 低电平触发： STO 功能开启电压≤13V，恢复电压≥16V。 STO_1 与 STO_2 并联（一旦有任意 STO 信号触发 STO 功能，STO 响应）	
STO_2	STO_2 信号。 外接信号，可将此 pin 接至扭矩关断开关以实现 STO 扭矩关断功能。 低电平触发： STO 功能开启电压≤13V，恢复电压≥16V。 STO_1 与 STO_2 并联（一旦有任意 STO 信号触发 STO 功能，STO 响应）	
STO_RTN	STO 信号参考地。 参考 STO_1 与 STO_2 连接。	
STO_0V	STO 内置电源地。 使用内置电源给 STO 信号供电或者屏蔽 STO 功能时需将此 pin 短接 STO_RTN。	



- 注意**
- (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 STO_1/STO_2/STO_RTN 以保证信号 STO 信号正常注入（电源及电源地不接）

4.2.11 J18/J19 多轴同步通讯端子

BCD 多轴系列驱动器可以通过多轴同步 LVDS 通讯进行多台驱动器级联，实现不同驱动器相同轴口下多轴运行同步。与龙门双驱控制不同，多轴同步最多可以实现十个电机同步运行，且均能以额定电流运行，适用于负载很大的精密控制场景。接口定义如下：

表 33 J18/J19 多轴同步通讯端子接口定义

	接口	说明	备注
	SYNC_IN	多轴同步接口输入	多轴同步连接线推荐使用 我司提供网线。
	SYNC_OUT	多轴同步接口输出	

多轴同步通讯接线规则：

多轴同步功能是驱动器定制功能，针对于需要多个电机同步运行时使用场景，接线示意图如下。多轴同步连接采用串行连接方式，SYNC_OUT 接口接至下一从站的 SYNC_IN，与 EtherCAT 不同，串行连接后需要从最后一个从站输出回主站形成闭环。

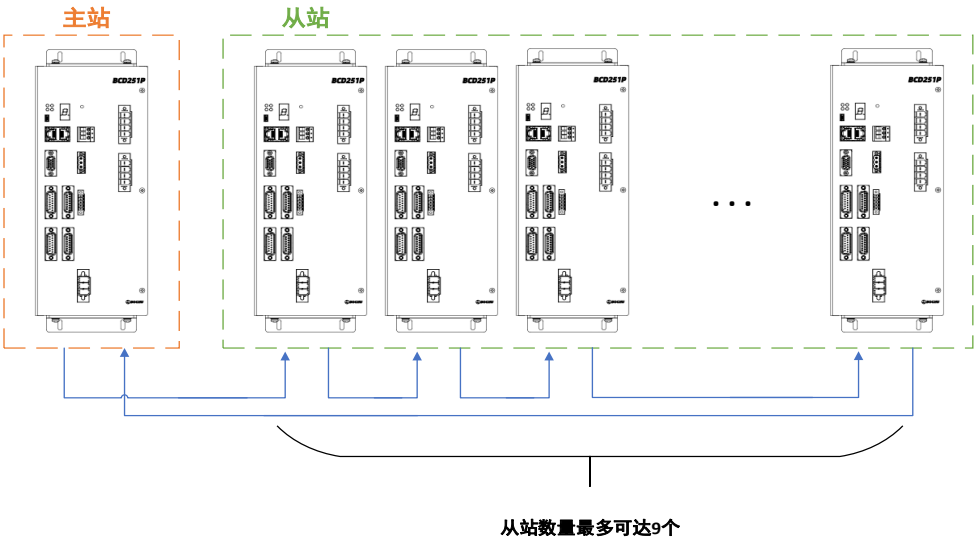


图 34 多轴同步通讯接线图

4.3 主回路推荐线缆

主回路线缆要求使用以下几个种类。

表 34 推荐线缆种类表

线缆种类		导体允许温度 (°C)
符号	名称	
PVC	一般的 PVC 线缆	\
IV	600V 聚氯乙烯绝缘线缆	60
HIV	600V 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，在使用时不要超过表中值。

表 35 600V 二型聚氯乙烯绝缘电线的参考值

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

4.4 电源（动力）接线规范

4.4.1 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 36 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 220V 负载功率 (W)	三相 380V 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

1. 强电加短路保护器、滤波器等辅助器件。
2. 强弱电严格分离。

4.4.2 弱电

1. 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。
2. 干扰比较大的负载（如伺服、电磁阀）与控制器分开供电。

4.5 地线接线规范

1. 地线采用标准黄绿双色线。
2. 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。
3. 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。

4.6 信号（控制）接线规范

1. 信号线接线颜色：如黑色。
2. 信号线根据功率大小选用匹配的线材。
3. 推荐使用 DC24V 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：

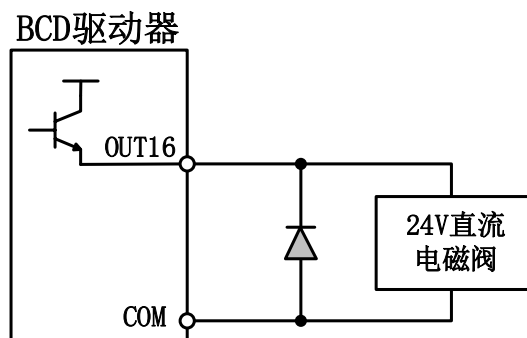


图 35 电磁阀两端加吸收电路图示

4. 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，如果传输线缆很长，建议多点接地，保证屏蔽层等电位。
5. 放大器连接的切割头到机床外壳阻值不大于 1Ω ，到电气柜接地点阻值不大于 6Ω 。

4.7 其他规范

1. 每根线材标识、标记清晰准确。
2. 线与线之间平行排列，不准交叉，线束、线管的布置要平直。
3. 选用柏楚配线时，根据布局空间选用适当型号的线材，不要堆积盘旋。
4. 所有接线必须牢靠，不能松动，防止产生打火现象。
5. 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。

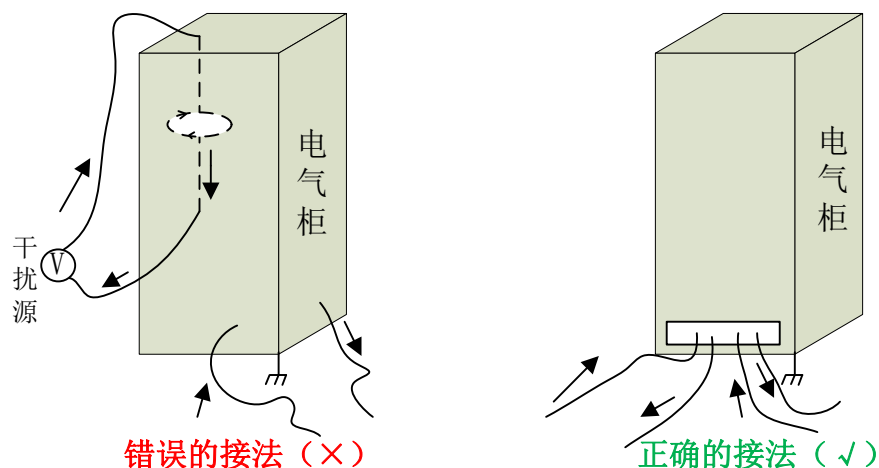


图 36 布线避免形成环路

6. 推荐接线采用星形连接，如下图所示，不推荐使用串行连接。

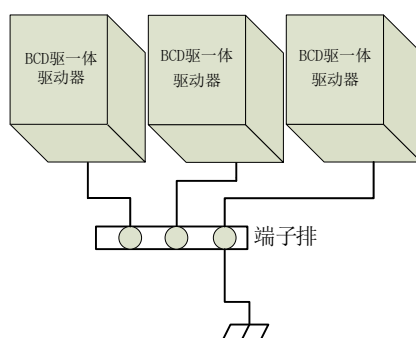


图 37 星形连接接线图

4.8 噪音和高次谐波处理办法

4.8.1 噪音及其处理办法

伺服驱动器主回路有使用高速开关元器件，伺服驱动器通过外围的接线处理和接地处理后，开关元器件的噪音可能会影响到外围设备。由于伺服驱动器为工业设备，所以无对应的无线电干扰防护措施。如果要避免受到无线电干扰，可以采取相对应的防噪音干扰措施。

为了避免伺服驱动器与外围设备之间的相互噪音干扰，可采取下面的噪音干扰处理办法：

1. 指令输入设备及噪音滤波器请放置在伺服驱动器附近。
2. 继电器、电磁接触器的线圈要连接浪涌保护器。
3. 主回路线缆与 IO 信号线缆/编码器线缆不要放置在同一套管内，也不要将它们捆绑在一起。主回路线缆与 IO 信号线缆/编码器线缆应保持 30cm 以上的距离。
4. 不能跟焊机、电火花加工机等设备使用同一个电源供电。不是同一个电源供电，旁边有高频设备时，也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。
5. 请进行合理的接地。

(1) 噪音滤波器

噪音滤波器安装在合适的地方，可以避免噪音对伺服驱动器造成不良影响。噪音处理办法示例如下：

- ① 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 2.0mm² 以上的粗线。
- ② 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。
- ③ 保证产品控制电源输入与强电驱动电源输入隔离，如果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。

(2) 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。

① 电机框架的接地

当伺服电机通过机械接地时，伺服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[Ⓢ]进行连接。同时由于 BCD 多轴系列驱动器内部将 FG（钣金外壳）与电机动力段接地端子[Ⓢ]连接，驱动器外壳必须接地。

② 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 0V 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。

4.8.2 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。

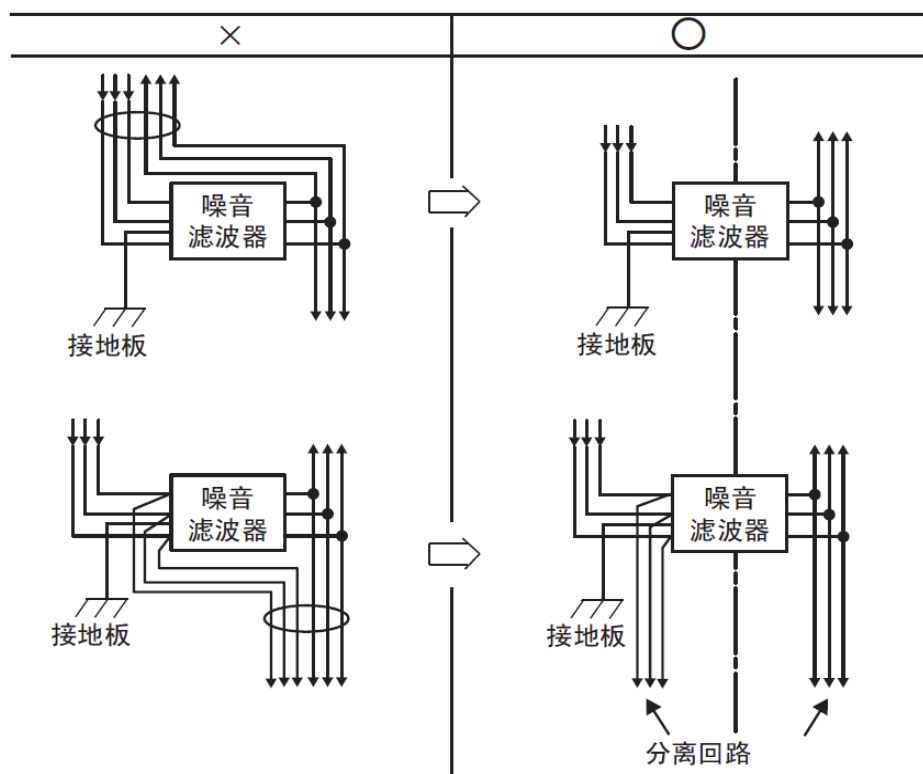


图 38 噪音滤波器输入接线与输出接线示意图

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它信号线不能放置在同一套管内，也不要将其捆绑在一起。

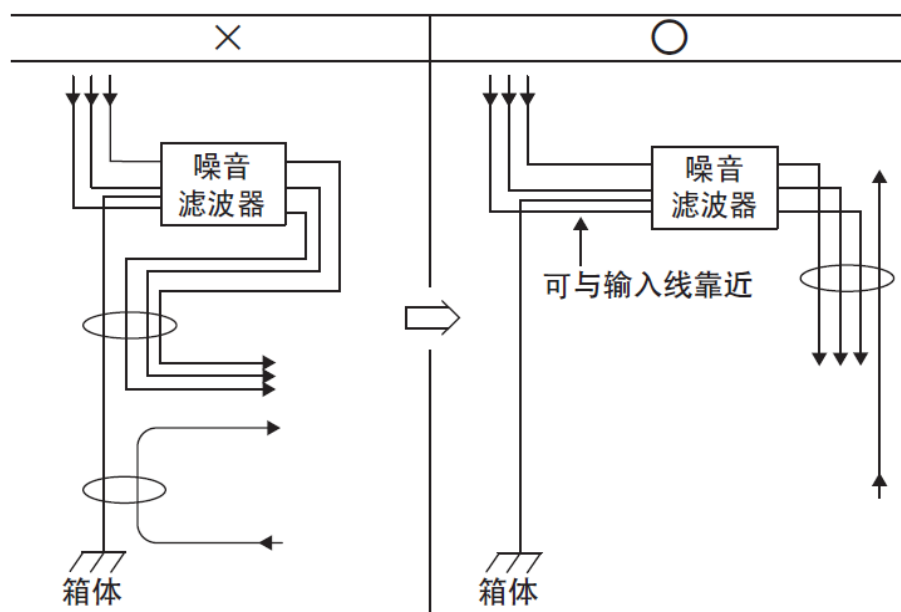


图 39 噪音滤波器接地线与输出接线示意图

噪音滤波器的接地线要单独连接地排。

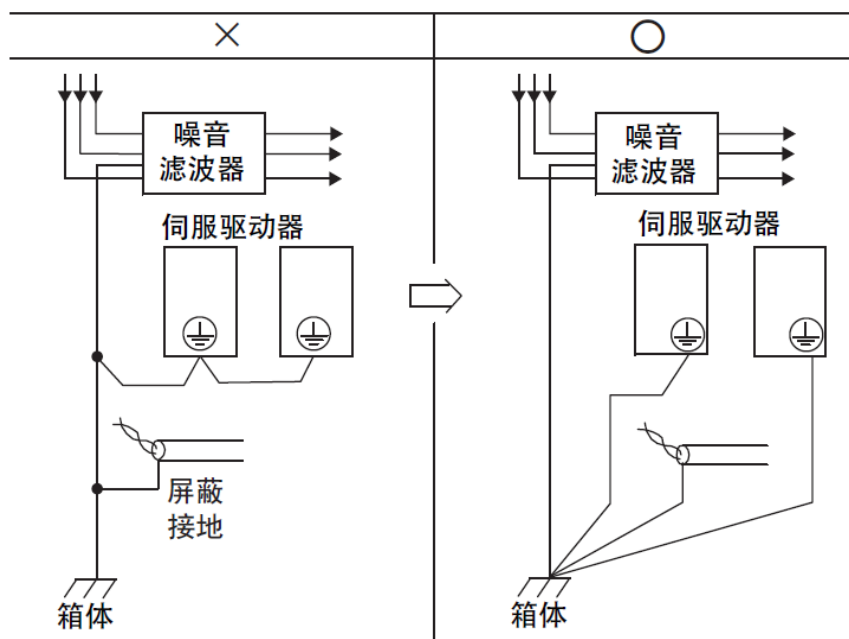


图 40 噪音滤波器接地线示意图

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。

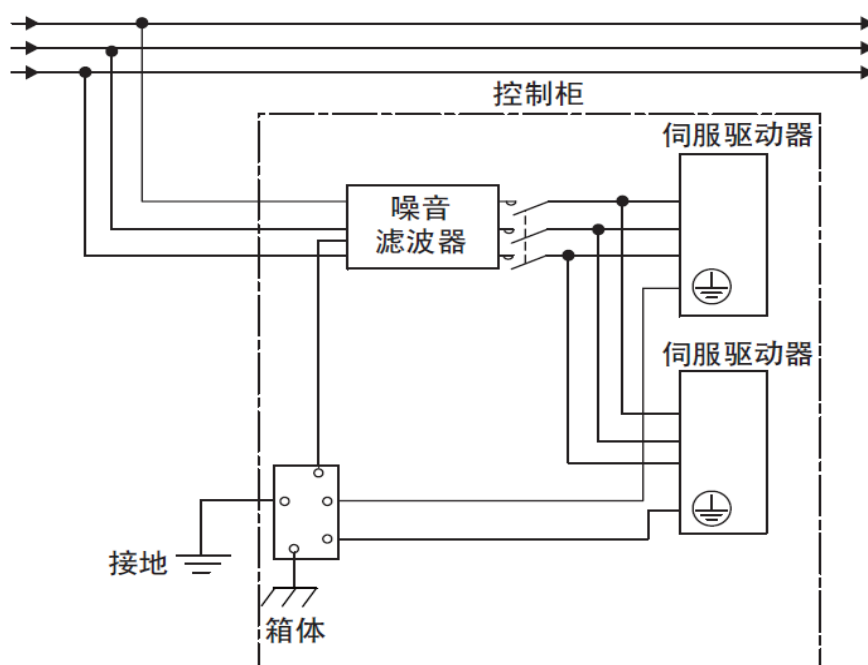


图 41 噪音滤波器接地线和控制柜内其他设备接线示意图

4.9 注意事项

接线时的注意事项如下：

1. 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 20m。
2. IO 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 3m。
3. 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 20m。
4. 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。
5. 为了更加安全的使用伺服驱动器，要安装过载、短路保护兼用的漏电保护器。
6. 请勿频繁 ON/OFF 电源，频繁地 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。
7. 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 接线端子”部分。

接地线的注意事项如下：

1. 接地线缆要使用粗线（ 2.0mm^2 以上）。
2. 220V 电源供电的伺服驱动器，接地端子的接地电阻要在 100Ω 以下。

5. 驱动器报警及解决方案

5.1 状态显示及逻辑

BCD 多轴系列驱动器提供七段数码管及 LED 灯来展示驱动器的使能状态，故障信息显示遵循如下规则：

1. LED 灯，分为 RUN 灯，轴 1 使能灯，轴 2 使能灯，轴 3 使能灯（BCD251/BCD281 系列无该状态灯）。其中 RUN 灯显示控制电源工作状态，常亮代表正常；使能灯显示对应轴的使能状态，常亮代表对应轴使能。
2. 数码管，正常情况显示为数字 8，常亮，代表驱动器状态正常；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 1s。
3. 报警码判断，轴一报警为 EXX（XX 为数字），轴二报警为 FXX（XX 为数字），轴三报警为 HXX（XX 为数字），CPU 报警为 LXX，共有报警则为 JXX（XX 为数字）。



注意 仅 BCD351 有第三轴电机接口，Hxx 为其报警代码！

5.2 报警和故障代码

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。

表 37 驱动器报警和故障代码表

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E01/ F01/ H01	轴 x 一级过流故障(注: x = 1, 2, 3)	轴 x 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/ F02/ H02	轴 x 二级过流故障(注: x = 1, 2, 3)	轴 x 硬件检测到严重过流	同 E01 排查方案
E03/ F03/ H03	轴 x 过压故障 (注: x = 1, 2, 3)	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 若使用内部制动电阻, 确定 J11 端子 1&3 之间连接可靠, 测量 1&3 之间电阻; 若使用外部制动电阻, 确定 J11 端子 1&2 之间连接可靠, 测量 1&2 之间电阻, 若电阻值大于 1K Ω , 或与外部阻值不匹配, 更换制动电阻, 检查接线 (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/ F04/ H04	轴 x 欠压故障 (注: x = 1, 2, 3)	母线电压过低	(1) 交流电源不稳或者掉电 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

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E05/ F05/ H05	轴 x 堵转故障 (注: x=1, 2, 3)	轴 x 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/ F06/ H06	轴 x 高压故障 (注: x=1, 2, 3)	母线电压严重过高	同 E03 排查方案
E07/ F07/ H07	轴 x 功率电路故障(注: x=1, 2, 3)	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
E08/ F08/ H08	轴 x 步进寻相失败(注: x=1, 2, 3)	轴 x 进行步进寻相未成功	(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 (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 (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 (4) 转子位置不合理 检查电机动子位置是否在边缘, 若在边缘, 则移动到电机中间进行寻相操作 (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
E09/ F09/ H09	轴 x CLA 故障 (注: x=1, 2, 3)	轴 x CPU 过载	重启后若问题仍存在, 联系技术人员
E10/ F10/ H10	轴 x 霍尔整定失败(注: x=1, 2, 3)	轴 x 霍尔整定失败	(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 (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 (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
E11/ F11/ H11	轴 x 霍尔寻相失败(注: x=1, 2, 3)	轴 x 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

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E12/ F12/ H12	轴 x 功率过温 故障(注: x=1, 2, 3)	轴 x 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, 更换伺服驱动器 (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) 伺服驱动器故障 断电 5 分钟后重启依然报故障, 则更换伺服驱动器
E13/ F13/ H13	轴 x U 相过流 故障(注: x=1, 2, 3)	轴 x 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
E14/ F14/ H14	位置误差过大 (注: x= 1, 2, 3)	驱动器轴 x 位置反馈与位置指令之间偏差超过阈值	(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) (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 (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) 轴运动受阻 ①检查是否运动到行程末端 ②检查是否负载过大且驱动器内部电流环限幅 ③检查编码器线是否正常稳固连接 ④检查电机动力线是否稳固连接

显示	名称	说明	原因及需要采取的行动
E14/ F14/ H14	位置误差过大 (注: x= 1, 2, 3)	驱动器轴 x 位置反馈与位置指令之间偏差超过阈值	(5) 编码器输入异常 ①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 (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 (7) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E15/ F15/ H15	速度误差过大 (注: x= 1, 2, 3)	驱动器轴 x 速度反馈与速度指令之间的偏差超过阈值	(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) (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 (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) 轴运动受阻 ①检查是否运动到行程末端 ②检查是否负载过大且驱动器内部电流环限幅 ③检查编码器线是否正常稳固连接 ④检查电机动力线是否稳固连接 (5) 编码器输入异常 ①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 ②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 (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 (7) 驱动器故障 重启后若问题仍存在, 则更换驱动器
E16/ F16/ H16	飞车报警 (注: x= 1, 2, 3)	驱动器轴 x 指令和反馈运动方向相反	(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 (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 (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
E17/ F17/ H17	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 ①检查机械上双驱轴的平行度 ②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/ F18/ H18	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/ F19/ H18	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 ①检查绝对值编码器读数头状态灯是否异常变化 ②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

5.3 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 38 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	多轴交互异常
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

6. 软件简介

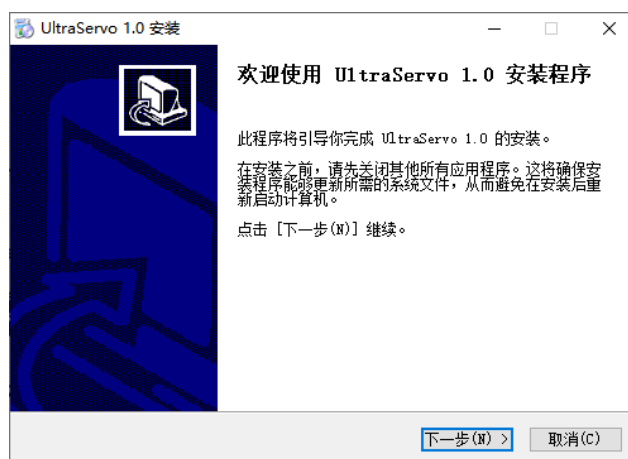
6.1 安装

本软件的安装包可联系柏楚电子市场人员获取。

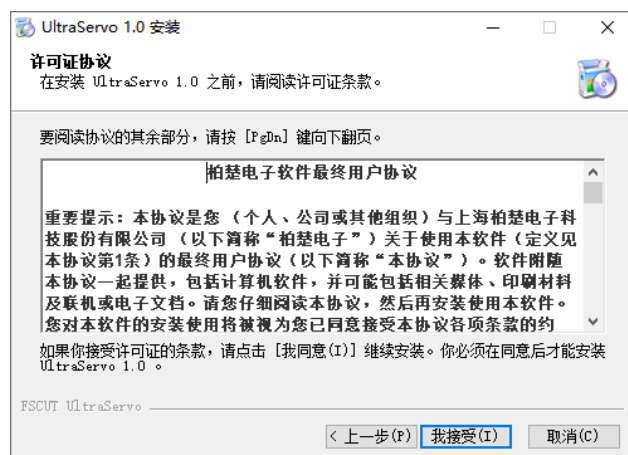
1. 运行安装包（建议以管理员权限运行该安装文件）。



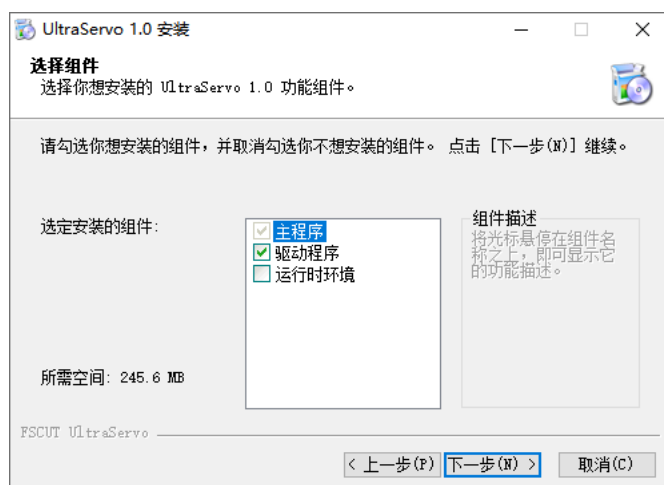
2. 点击“下一步”开始安装。



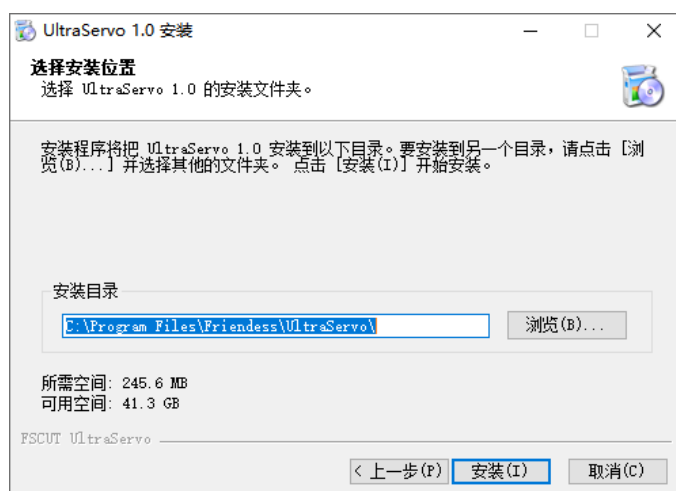
3. 阅读许可证协议后，点击“我接受”进入下一步。



4. 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”。



5. 选择安装位置，建议安装在默认路径，点击“安装”。



6. 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。



7. 程序安装完成。



6.2 界面

6.2.1 菜单栏



图 42 菜单栏

该菜单项包含导出数据到文件、从文件导入数据和退出程序的指令。可选择菜单指令进行数据的导入和导出。

1. 文件

(1) 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。



(2) 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。



(3) 退出

可使用该指令关闭 UltraServo。

2. 工具

(1) 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。



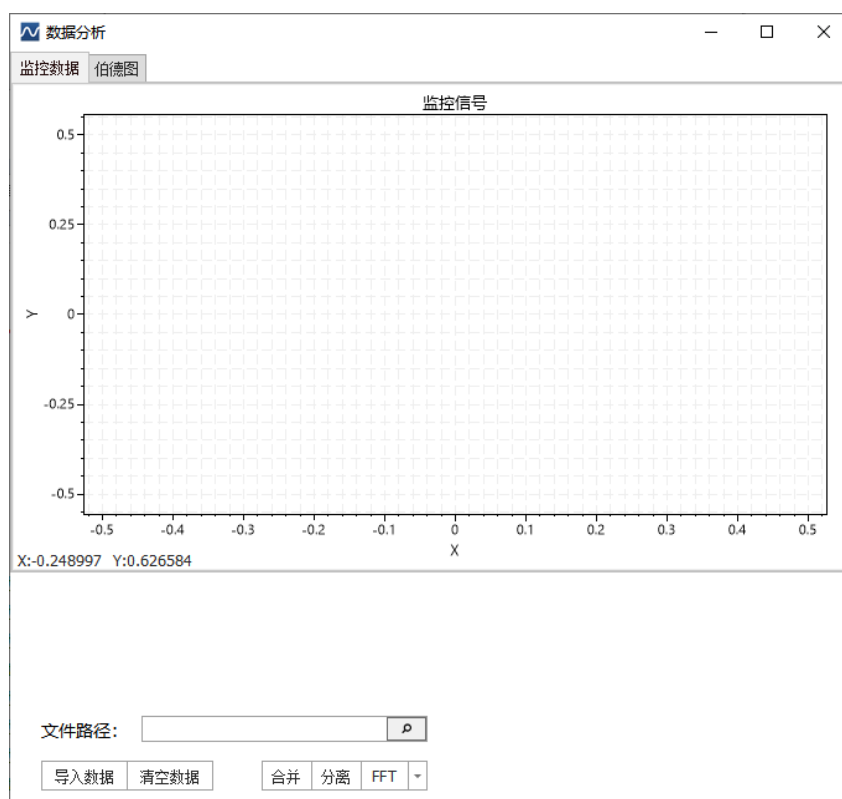
(2) 调试日志

以弹窗形式显示日志信息，可在进行调试的同时查看日志



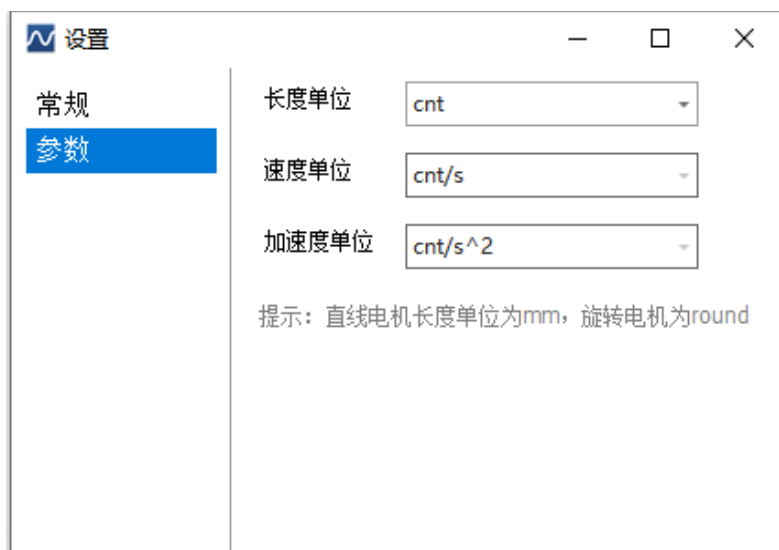
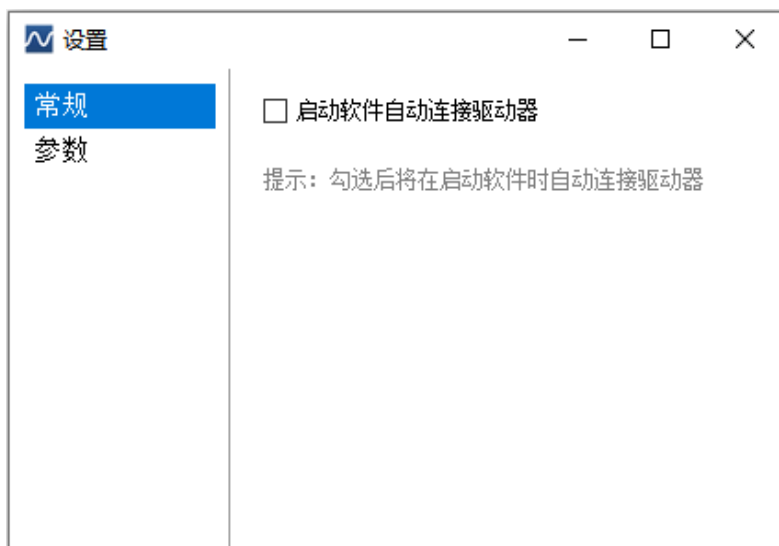
(3) 数据分析

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。



(4) 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；【参数】页面中，可对运动单位进行切换，当前支持的单位有 cnt 和 mm(直线电机)/round(旋转电机)默认长度单位为 cnt，且单位切换在软件重启后生效。



3. 参数

(1) 读取参数

该指令将驱动器参数读取到界面显示。

(2) 设置参数

该指令将界面参数设置到驱动器。

(3) 下位机保存参数

该指令将参数保存至驱动器。

（注意，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记得一定要点击此按钮来保存参数。）

（4）参数恢复出厂设置

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，引起点击振动。

4. 帮助

（1）专家权限

该功能供内部人员使用。

（2）帮助文档

该指令将打开帮助文档，供调试人员查阅。

（3）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。

（4）固件升级

通过该指令对驱动器进行固件升级，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进行该操作。等待片刻后固件升级完成，下位机将自动重启，用户需要进行重新插拔 usb 线和断电操作，以完成重新连接。

6.2.2 工具栏



图 43 工具栏

工具栏提供比较常用的功能按钮，方便用户在无须切换页面的情况下直接使用。

1. 连接/断开驱动器

连接和断开驱动器。

2. 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上。这些参数包括驱动器系统参数和各个轴的参数。

3. 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，而是处于一个半连接状态下。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。

- 4. 全部下使能
 令所有轴下使能。
- 5. 全部寻相
 令所有轴开始寻相。
- 6. 全部停止寻相
 令所有轴停止寻相动作并下使能。
- 7. 指令模式

切换驱动器的指令模式，可在 USB 和 EtherCAT 模式之间进行切换。其中，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下，之后再利用上位机控制软件进行实际的上下使能。

6.2.3 状态栏



图 44 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。
- 1. 显示最近一条日志信息。
 - 2. 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。若点击按钮后报警清除不掉，说明异常状况没有解除，须再次排查问题。
 - 3. 实时显示每个轴的状态信息，包括：
 - (1) 【使能状态灯】：使能状态时绿灯亮，非使能状态时绿灯灭。
 - (2) 【编码器反馈】：编码器的反馈值，单位为 Count。
 - (3) 【状态码】、【错误码】：供调试人员使用。
 - 4. 提供每个轴最常用的功能按钮，包括：
 - (1) 【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。
 - (2) 【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。
 - (3) 【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。
 - 5. 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】。

6.2.4 侧边栏

提供导航作用，用于切换主页面。



图 45 侧边栏

1. 轴参数配置

以引导的形式辅助客户对轴参数进行配置和调试。界面上修改参数后若想放弃这些修改，可通过这些按钮重新刷新页面来恢复原本的参数。利用左上方的下拉框可在不同轴号之间进行切换。绝大部分参数必须在非使能状态下才可以设置。每个轴的参数配置共包含 8 个步骤，分为【配置】和【调试】两种类型。

- ▼ **配置**
 - 步骤1：电机参数
 - 步骤2：编码器参数
 - 步骤3：控制参数
- ▼ **调试**
 - 步骤4：电流环参数
 - 步骤5：惯量测定
 - 步骤6：扫频辨识
 - 步骤7：位置速度环参数
 - 步骤8：验证

(1) 【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进行更改。

(2) 【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进行调试。

2. 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】与【调试日志】界面，提供了调试步骤之外的基础功能。

(1) 【测试与监控】

用于监控轴的参数。

(2) 【数字 I/O】

用于进行数字 I/O 口的配置。

(3) 【龙门双驱】

用于进行双驱的配置。

(4) 【参数管理】

参数管理界面，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、滤波器参数等四个大模块。调试人员可直接在界面进行对参数的修改和设置。

(5) 【调试日志】

显示用户操作过程的日志信息。

(6) 【螺距补偿】

进行误差校正，确保电机运动的精度。

6.3 通信

关于 UltraServo 的通信模式，可以通过工具栏中的【指令模式】在【USB 模式】和【EtherCAT 模式】之间进行切换。其中，

1. 【USB 模式】主要用于配置和调试，在使用 UltraServo 进行调试时使用。

2. 【EtherCAT 模式】则用于高速、实时的控制应用，在使用上位机控制软件加工时使用。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下，之后利用上位机控制软件进行实际的上下使能。

7. 参数设置

参数设置涉及两类关键参数：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。

7.1 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。

7.1.1 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](#)

7.1.2 常规

常规参数是系统基础设置的核心，涉及到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](#)

7.1.3 多机通信

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

[多机通信模式](#)

7.1.4 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](#)

7.1.5 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](#)

7.1.6 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](#)

7.2 电机参数

电机参数定义了与电机配置和性能相关的设置。

7.2.1 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](#)

7.2.2 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](#)

7.2.3 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](#)

7.2.4 直线电机

专为直线电机的配置。

[反馈脉冲当量](#)
[极距](#)[动子质量](#)[最大速度](#)

7.3 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。

7.3.1 保护功能-电流保护

电流保护的配置。

[一级过流阈值](#)
[堵转电流阈值](#)
[允许最大电流](#)[一级过流时间阈值](#)
[堵转速度阈值](#)[二级过流阈值](#)
[堵转时间阈值](#)

7.3.2 保护功能-电压保护

电压保护的配置。

[高压阈值](#)
[欠压阈值](#)[过压阈值](#)
[欠压时间阈值](#)[高压时间阈值](#)

7.3.3 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](#)

7.3.4 保护功能-速度保护

速度保护的配置。

[允许最大速度](#)

7.3.5 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](#)

7.3.6 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](#)

7.3.7 回零

回零参数涉及到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](#)

7.3.8 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](#)

7.3.9 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](#)

7.3.10 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](#)

7.3.11 寻相

寻相参数涉及到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](#)

7.3.12 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](#)

7.4 控制参数

控制参数专注于电机的控制回路配置，确保电机高效且稳定运行。

7.4.1 电流环

电流环参数涉及到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](#)

7.4.2 高级抗扰

高级抗扰参数涉及到的抗扰功能的配置，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](#)

7.4.3 速度环

速度环参数涉及到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	

7.4.4 位置环

位置环参数涉及到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）

7.5 滤波器参数

滤波器参数涉及到信号处理时用到的滤波器配置，用以优化系统性能和响应。

7.5.1 滤波器参数

滤波器参数涉及到基础滤波器的配置。

滤波器类型	N0 N1 N2 D1 D2	采样频率
-----------------------	--------------------------------	----------------------

7.5.2 超前滞后

超前滞后参数涉及到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
------------------------	--------------------------

7.5.3 低通

低通参数涉及到低通滤波器的配置，用以去除高频噪声。

[低通截止频率](#)

7.5.4 高通

高通参数涉及到高通滤波器的配置，用以滤除低频干扰。

[高通截止频率](#)

7.5.5 共振

共振参数涉及到共振滤波器的配置，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](#)

7.5.6 双二阶

双二阶参数涉及到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](#)

7.5.7 陷波

陷波参数涉及到陷波滤波器的配置，用以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](#)

7.6 参数表

名称	定义(Definition)	描述(Description)	单位(Unit)
电机参数-编码器			
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够识别的光栅数。	个/mm (直线电机) 个/round (旋转电机)
encIntrplNum	模拟量编码器细分位数	编码器一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于电机正向运动 反向：编码器脉冲增加时对应于电机反向运动	
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	
电机参数-常规			
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	电机在短时间内能够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/krm (旋转电机)
电机参数-旋转电机			
inertia	转子惯量	电机转子的转动惯量。	kg*cm ²
maxSpdRpm	最大转速	电机可以达到的最高转速。	rpm
cpr	反馈脉冲当量	电机每旋转一圈所产生的脉冲数。	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	转子质量	电机动子的质量。	kg
maxSpdMm	最大速度	电机能够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。	N-N mm
用户参数-保护功能-电流保护			
oc1Thr	一级过流阈值	电机可以短时间内承受的最大电流值。	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
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
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	伺服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	伺服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

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
EMGBrakeActDecStopTime	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
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)
jerkMutationThreshold	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
accMutationThreshold	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	
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
cmdFIRLPFilterCutoffFreq	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
控制参数-电流环			
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	电流环积分饱和下限（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
iLoopDeadTimeCopensation	死区补偿使能	补偿电机驱动的死区效应。 0: 关闭 1: 开启	
iLoopBackEMFCopensation	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。	
控制参数-高级抗扰			
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。	
控制参数-速度环			
sLoopKp	Kp	速度环 PID 比例系数。	
sLoopKi	Ki	速度环 PID 积分系数。	
iLoopIInitValue	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。	
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	
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 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。	
控制参数-位置环			
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)。	

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。	
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
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	伺服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	伺服驱动器的整体信号处理频率	Hz
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。	
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。	

gantryAlignOffset1	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
gantryAlignOffset2	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%
全局参数-再生制动			
brakeResistance	再生制动电阻阻值	再生制动电阻的阻值。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。	

8.功能说明

8.1 单位切换



图 46 单位切换

本软件支持单位切换显示。在【参数】页面中，可对运动单位（包括长度单位、速度单位和加速度单位）进行切换，当前支持的单位有 cnt 和 mm（直线电机）/round（旋转电机）。默认长度单位为 cnt，且单位切换在软件重启后生效。

8.2 寻相

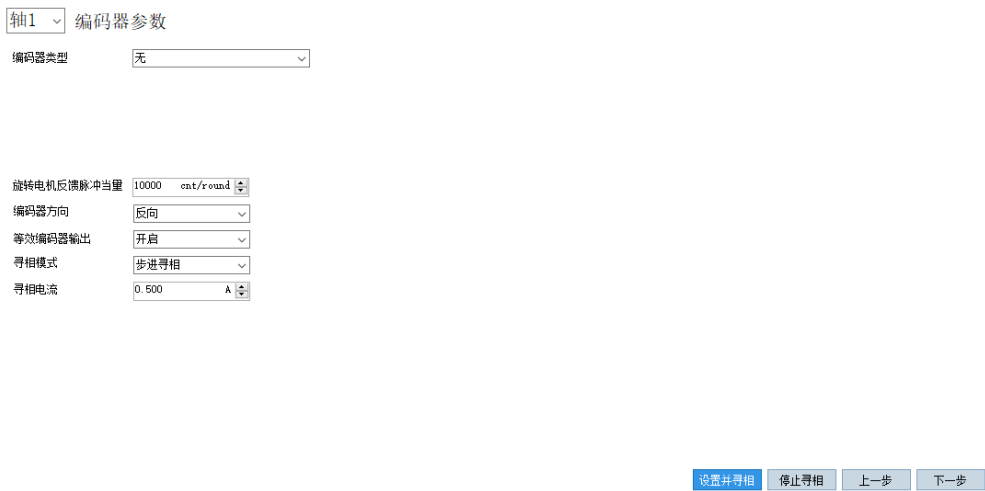


图 47 寻相

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，我们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。

1. 【编码器类型】：根据使用的编码器进行选择。
2. 【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。
3. 【编码器方向】：设置编码器的方向。
4. 【等效编码器输出】：是否开启等效编码器。
5. 【寻相模式】：模式有如下选择：
 - (1) 步进寻相：通过逐步增加或减少电流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。
 - (2) 霍尔寻相：使用霍尔传感器来检测出电机轴上的磁场位置，从而确定电机确切的旋转位置和相位。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，以确定电机的角度位置。
 - (3) 微动寻相：涉及到微调电机的位置，以寻求最佳的起始相位或位置。这通过微小的、精确的步进来实现，以确保电机在启动或运行时能够达到最优的性能和效率。
6. 【寻相电流】：设置寻相电流。

更多参数可在【参数管理】里的【用户参数-寻相】查看和设置（可参考 7.3.11 寻相）。
7. 【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。
8. 【单步电角度】：寻相步进时电机单步转动的电角度。
9. 【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。
10. 【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。
11. 【电角度方向】：电机电角度与编码器之间的方向关系（只读）。

我们可以在【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。

**注意**

(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。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。

8.3 惯量测定

轴1 ▾ 惯量测定

置信度	负载惯量比	阻尼系数	正向摩擦系数	负向摩擦系数	操作

信号参数

信号幅值 2.500 A

信号时长 0.050 s

开始惯量测定 结束惯量测定

惯量参数

负载惯量比 0.496

阻尼系数 10.491

正向摩擦系数 0.000

负向摩擦系数 0.036

是否设定控制器参数 ☐

设置 上一步 下一步

图 48 惯量测量

惯量测定用来测量物体对运动抵抗程度。在软件中，使用惯量测定功能需要在【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。

1. 调整信号参数，包括【信号幅值】和【信号时长】（默认为信号幅值 2.5A，信号时长 0.05s），点击【开始惯量测定】按钮执行惯量测定。
2. 执行完毕后，得到相应的惯量参数，并将本次的结果添加到表格中，同时会自动计算平均值。
3. 根据置信度，每个结果可进行【应用】和【删除】操作。一般 80%以上的置信度认为是可信的。
4. 【应用】按钮用于将对应的惯量参数设置到驱动器中，【删除】按钮用于将对应的结果从表格中删除并自动重新计算平均值。
5. 除此之外，也可以在【惯量参数】模块中单独修改参数，通过下方的【设置】按钮可将惯量参数设置到驱动器中。
6. 【设置为控制器参数】可以在应用测量的惯量参数同时，设置位置环速度环的参数。

8.4 扫频

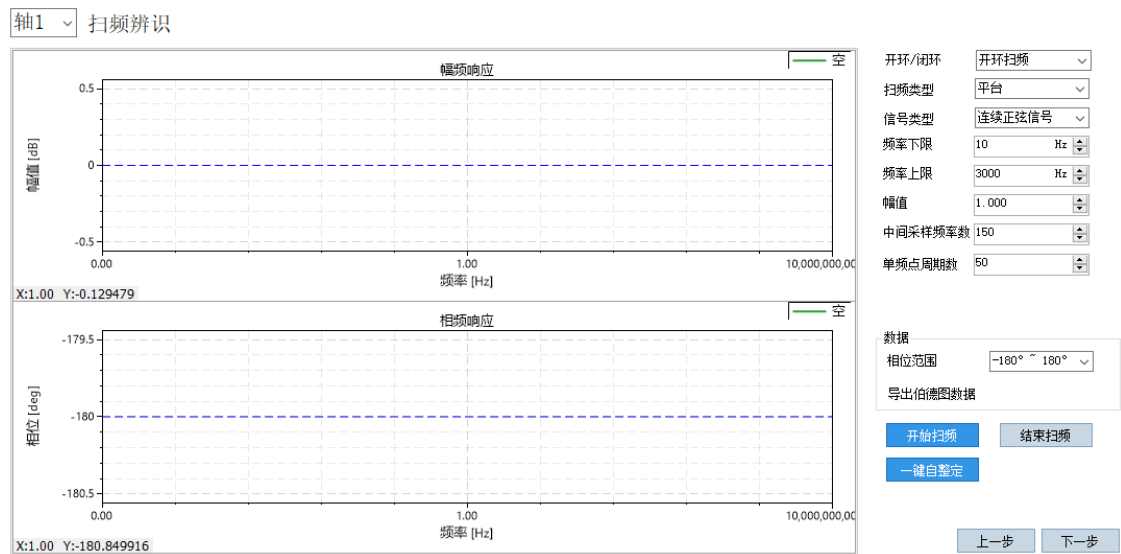


图 49 扫频

扫频辨识指的是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。通过对系统在不同频率下的反应进行分析，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【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。

参数：

1. 【开环/闭环】：支持开环扫频和闭环扫频。
 - (1) 【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。
 - (2) 【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。
2. 【扫频类型】：
 - (1) 【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。
 - (2) 【电流 Iq 闭环】针对的是伺服系统的转矩电流（Iq）控制回路，以评估系统在调节电机转矩时的动态性能。
 - (3) 【电流 Id 闭环】针对的是伺服系统的磁通电流（Id）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。
 - (4) 【速度闭环】针对的是伺服系统的速度控制环。

3. 【信号类型】：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】。
4. 【相位范围】： $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ ， $-360^{\circ} \sim 0^{\circ}$ ，展开

功能：

1. 支持一键自整定，三环参数一键整定完毕，降低调试难度。
2. 可导出伯德图数据。
3. 可导入伯德图数据。

（通常需要执行开环扫频、扫频类型为平台、信号类型为连续正弦信号、信号参数按照默认值取。对于工作在大电流下的电机可适当增加扫频电流幅值。）

8.5 示波器监控

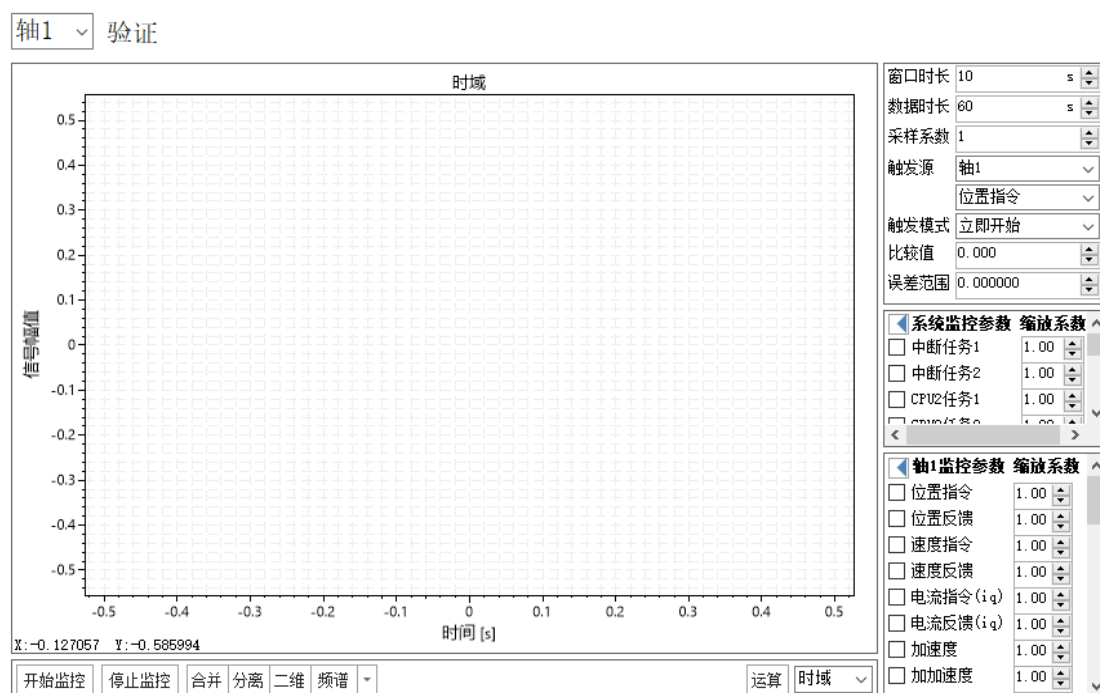


图 50 示波器监控

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。本软件提供示波器监控功能。以下是相关参数设置和功能信息说明：

1. 右侧顶部框内包含了示波器本身的参数，包括：
 - (1) 【窗口时长】：监控时示波器窗口最大时长和刷新频率。
 - (2) 【数据时长】：监控时示波器保存数据的最大时长。

(3) 【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 8K Hz, 其余为 16K Hz)。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 8K 或 16K 个点。

(4) 触发示波器开启的参数: 【触发源】、【触发模式】、【比较值】、【误差范围】。

2. 右侧下面的两个框内包含了【系统监控参数】和【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。

3. 示波器控制相关按钮

(1) 【开始监控】用于开启示波器监控。

(2) 【停止监控】用于关闭示波器监控。

(3) 【合并】用于将所有曲线显示在一个示波器中。

(4) 【分离】用于将每条曲线显示在单独的示波器中。

(5) 【频谱】用于计算并显示每条曲线的频谱。

(6) 【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。

(7) 【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, 方便更加直观的分析数据。

4. 示波器有若干快捷键

(1) 鼠标左键可拖动示波器窗口的范围。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 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。

5. 示波器内单击右键出现快捷菜单

(1) 【保存数据】保存数据、保存图片以及复制图片。

(2) 【自动缩放】与单击鼠标中键的作用相同。

(3) 【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。

(4) 【通道编辑器】用于编辑曲线样式、标签等。

(5) 【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。

(6) 【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。

(7) 【隐藏所有通道】可一键隐藏或显示所有的曲线。

- (8) 【开启/关闭多轴】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。
- (9) 【开启/关闭游标】开启后，可拖动游标线，通道信息中显示游标线处的横纵坐标值，以及它们的差值。

6. 通道信息

X:11.963977 Y:38,518.839910

时域 [S]

开始监控

停止监控

合并

分离

二维

频谱

▼

运算

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 51 通道信息

- (1) 【监控通道名称】
- (2) 【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。
- (3) 【游标值】
- (4) 【重置按钮】将游标线重置于当前示波器窗口的 1/3 处。

8.6 点动



图 52 点动

点动运动是指对电机进行控制移动，主要目的是为了移动轴的位置，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。以下是使用步骤：

1. 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。
2. 上使能。
3. 设定点动参数，包括【速度】和【加速度】。
4. 鼠标左键按住蓝色箭头进行点动，松开左键停止点动。

8.7 空移

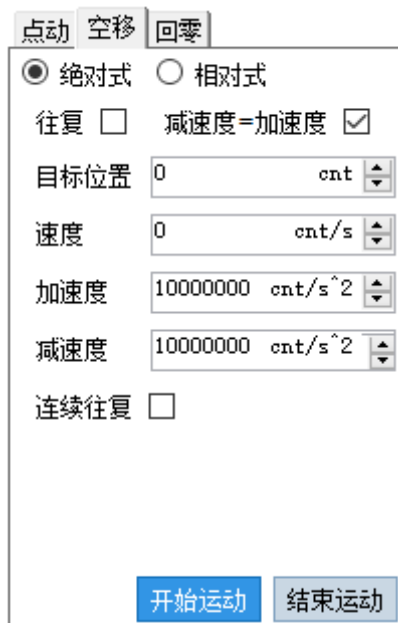


图 53 空移

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，用以模拟或测试运动路径和操作程序。本软件支持空移运动。以下是使用步骤：

1. 可选择【绝对式】或【相对式】运动。绝对式运动可输入目标位置，相对式模式可输入相对位移。
2. 设置【速度】、【加速度】、【减速度】。
3. 点击【开始运动】执行空移，点击【结束空移】中止空移。
4. 勾选【往复】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。
5. 勾选【减速度=加速度】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。
6. 勾选【连续往复】后，会显示往复次数和往复间隔。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。

8.8 回零

点动 空移 回零

回零模式
寻负限位，初始负向运动

回零加速度 20000000 cnt/s²

第一回零速度 4000000 cnt/s

第二回零速度 1000000 cnt/s

回零偏置 0 cnt

设置

回零状态 无

开始回零 结束回零

图 54 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。以下是使用步骤：

1. 【回零模式】可根据需要进行设置。其中包括：
 - (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。
 - (4) 寻原点 Z 相，初始负向运动。
 - (5) 寻负限位，初始负向运动。
 - (6) 寻正限位，初始正向运动。
 - (7) 寻原点，初始正向运动。
 - (8) 寻原点，初始负向运动。
 - (9) 仅 Z 相回零，初始负向运动。
 - (10) 仅 Z 相回零，初始正向运动。
 - (11) 设置当前位置为零点。
2. 设置【回零加速度】、【第一回零速度】、【第二回零速度】、【回零偏置】。
3. 上使能后，点击【开始回零】进行回零，点击【结束回零】停止回零。

8.9 误差校正

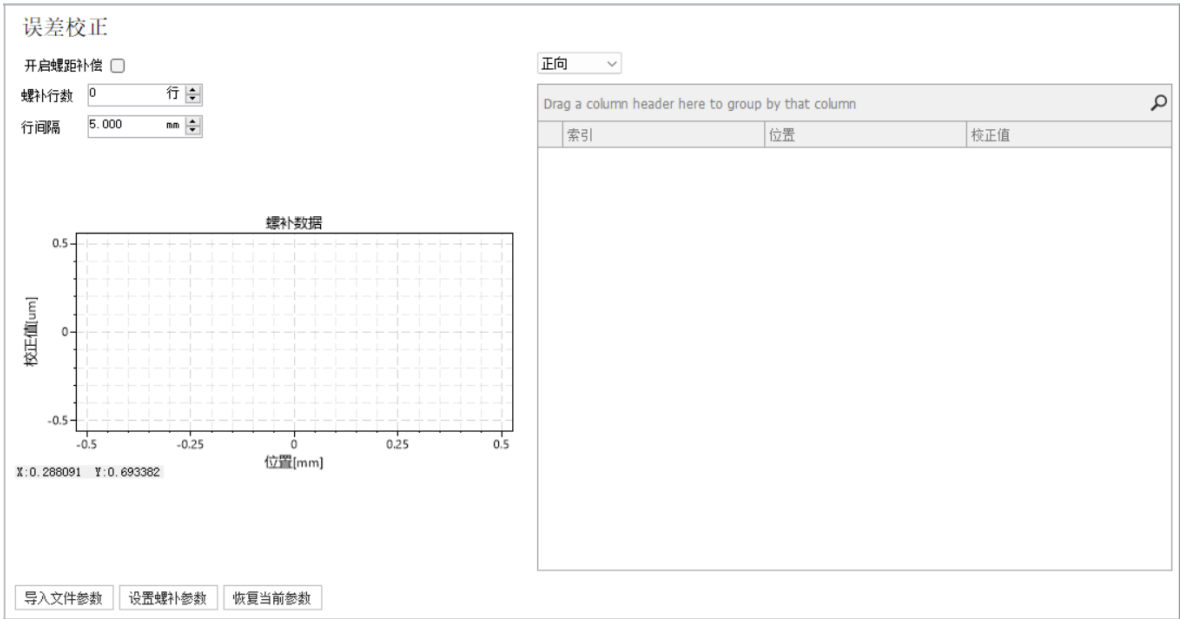


图 55 误差校正

误差校正指的是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的位置误差技术。在本软件中，误差校正的参数如下：

1. 【校正起始位置】开始执行误差校正的具体位置点。
2. 【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。

步骤如下：

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 系统定义了一个【校正起始位置】，从该点开始执行误差校正。

8.10 数字 I/O

数字I/O

输入1		轴1负限位	低有效	输出1		无	低有效
输入2		轴1正限位	低有效	输出2		无	低有效
输入3		轴1原点	高有效	输出3		无	低有效
输入4		轴2负限位	低有效	输出4		无	低有效
输入5		轴2正限位	低有效	输出5		无	低有效
输入6		轴2原点	低有效	输出6		无	低有效
输入7		无	低有效	输出7		无	低有效
输入8		无	低有效				
输入9		无	低有效				
输入10		无	低有效				
输入11		无	低有效				
输入12		无	低有效				
输入13		无	低有效				
输入14		无	低有效				
输入15		无	低有效				
输入16		无	低有效				
输入17		无	低有效				

设置

图 56 数字 I/O

数字 I/O 是指系统与外界进行交互的一种方式，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。

在本软件中，数字 I/O 相关配置如下：

1. 每个 I/O 口包含一个电平逻辑指示灯用于实时显示当前电平状态、一个角色选择下拉框用于设置其作用、以及一个高/低有效选择下拉框用于设置其电平逻辑。
2. 点击右下角的【设置】按钮来设置参数。

相关参数如下（可参考 7.1.4 数字 I/O）：

1. 【输入/输出角色】决定数字输入/输出端口的作用。
2. 【输入/输出电平逻辑】输入/输出信号的逻辑电平。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。

8.11 调试日志

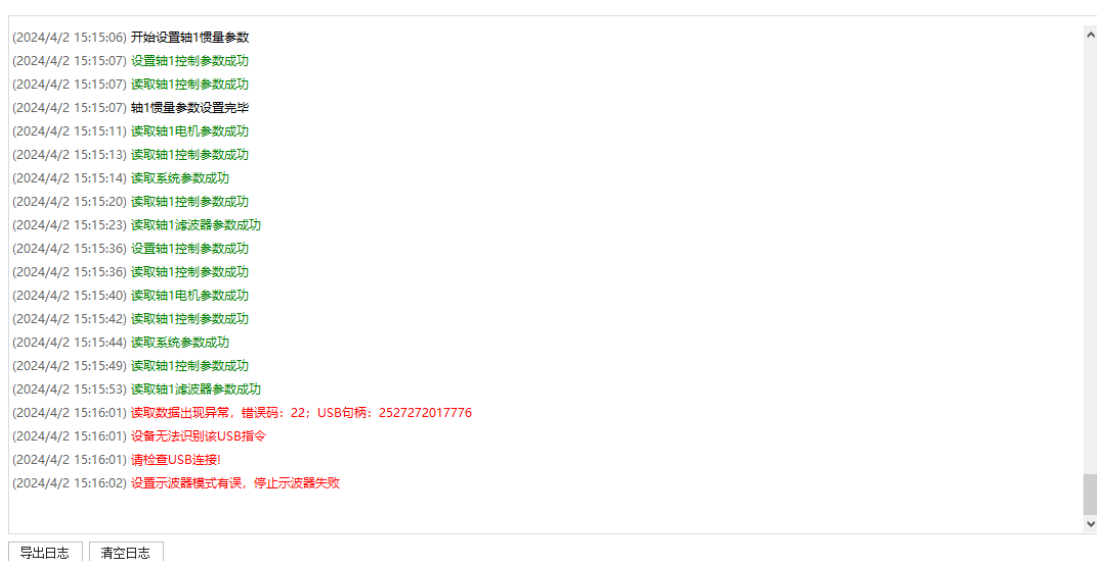


图 57 调试日志

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，显示了用户在学习过程中的日志信息。在本软件中，调试日志功能如下：

1. 【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。
2. 【清除日志】将当前日志信息全部清空。

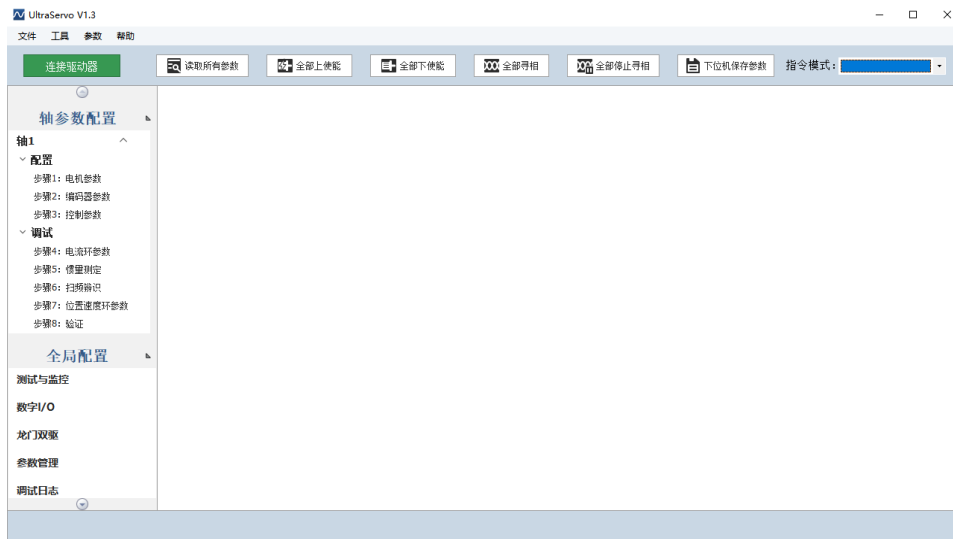
9. 调试方法

9.1 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和配置伺服驱动，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 多轴系列产品的 USB 连接。

1. 连接驱动器和模式选择

打开 UltraServo 软件后，软件界面如下图所示。



首先点击绿色的【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。随后，切换【指令模式】为 USB。

2. 电机参数配置

(1) 打开左侧的轴参数配置栏，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。



(2) 在选择轴号和电机类型后，可根据所使用电机（本手册全程以旋转电机为例进行说明）的数据手册对以下电机参数分别进行设置。

(3) 修改好全部参数后，点击【设置】按钮即可保存参数。

(4) 如需对电机的保护参数进行修改，可在【参数管理】界面进行设置。

3. 编码器参数配置

(1) 点击【编码器参数】进入编码器参数设置页面。



(2) 根据使用的编码器以选择【编码器类型】、【编码器方向】和【等效编码器输出】。

(3) 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】；如果使用的是直线电机，则单位为 cnt/mm。

(4) 设置寻相相关参数，下图展示了默认数值，通常无需调整。如果负载较大，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 1A，寻相停留时间 3000ms）。

轴1

编码器参数

编码器类型

无

旋转电机反馈脉冲当量

10000 cnt/round

编码器方向

反向

等效编码器输出

开启

寻相模式

步进寻相

寻相电流

0.500 A

(5) 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。如果寻相失败，软件界面左下角将出现下图所示报警，则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】。



(6) 如果寻相成功，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：



4. 控制参数配置

(1) 点击【控制参数】进入控制参数设置页面。

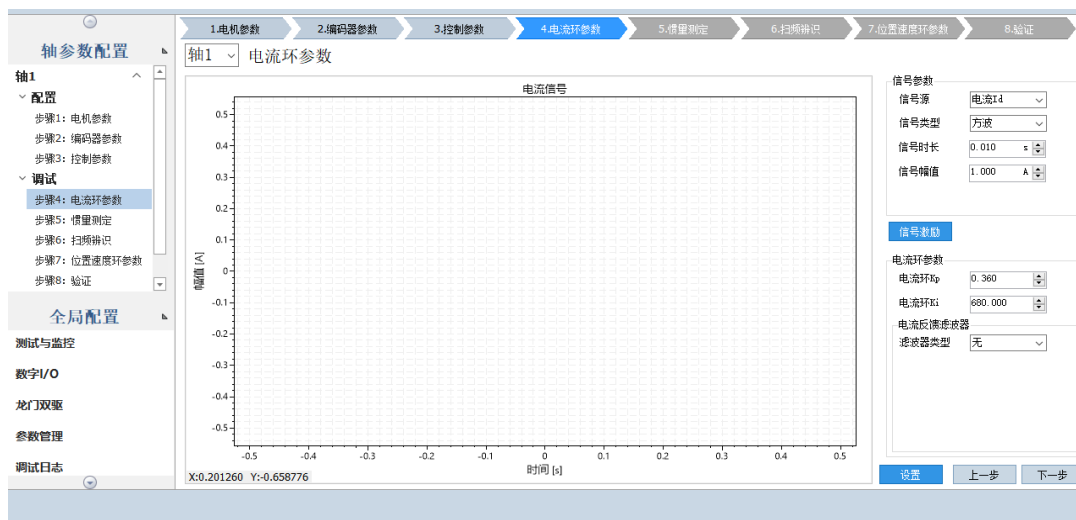


(2) 指令脉冲当量参数需要依据前一步的反馈脉冲当量进行填写，具体可根据“指令脉冲当量=反馈脉冲当量*100”进行计算。此处以反馈脉冲当量的 100 倍作为指令脉冲当量是为了提高“精插补算法”的颗粒度，这可以有效提高控制精度。

(3) 其余参数通常可保持为默认参数。设置完毕后，点击【设置】进入下一步。

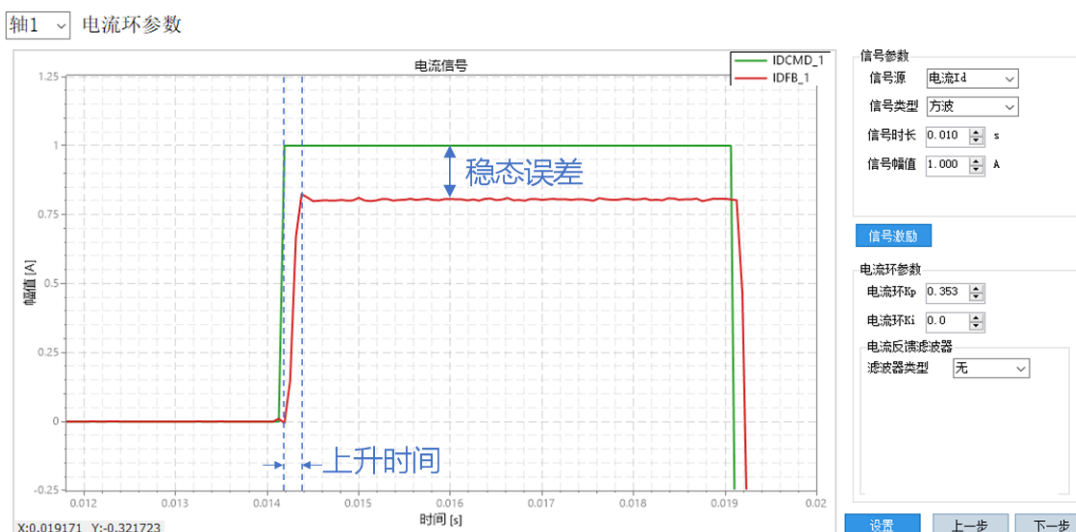
5. 电流环参数设置

(1) 点击【电流环参数】进入电流环参数设置页面，如下图所示：



(2) 【信号参数】栏中，【信号源】选择电流 I_d ，【信号类型】选择方波，【时长】和【幅值】默认为 0.01s 和 1A；在第一步电机参数设置完毕后，此处的电流环参数会生成一个初始值，后续调整电流环参数时可以此为参照。

(3) 首先，将【电流环 K_i 】设置为 0，仅保留【电流环 K_p 】，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，电流反馈稳定时数值为 0.8A。



该环节的调试目标是：上升时间（电流反馈上升到最大值所需的时间）在 0.5ms 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 $\pm 0.003A$ 以内、没有超调或者超调较小（10%以内）。

(4) 当稳定值小于 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。

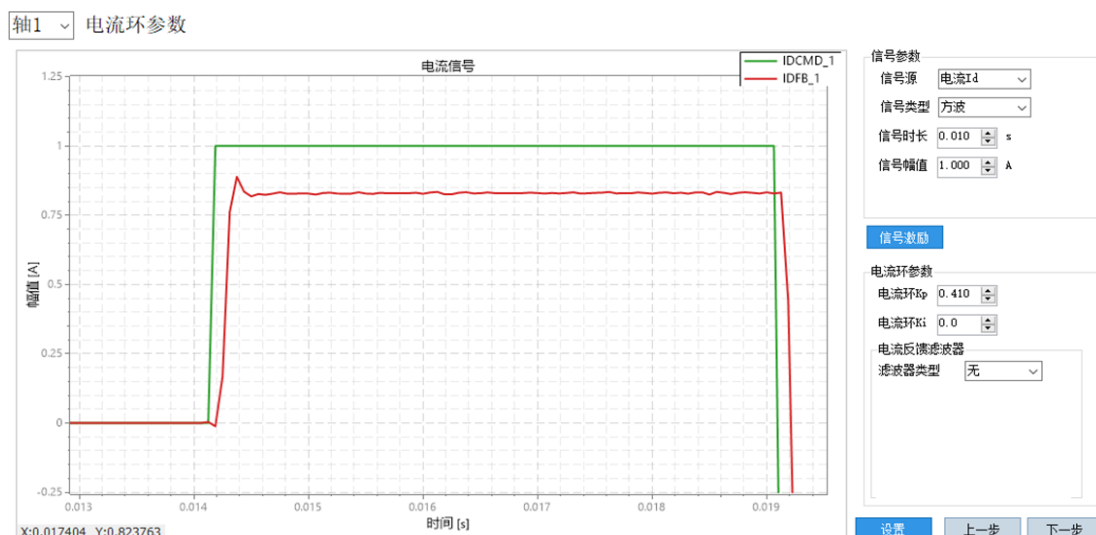


图 a



图 b

(5) 随后, 保持【电流环 Kp】不变, 开始调整【电流环 Ki】。如果上升时间过长 ($>1\text{ms}$), 如下图 c 所示, 则可增大【电流环 Ki】的值; 如果超调过大 ($>10\%$), 如图 d 所示, 则应减小【电流环 Ki】的值。

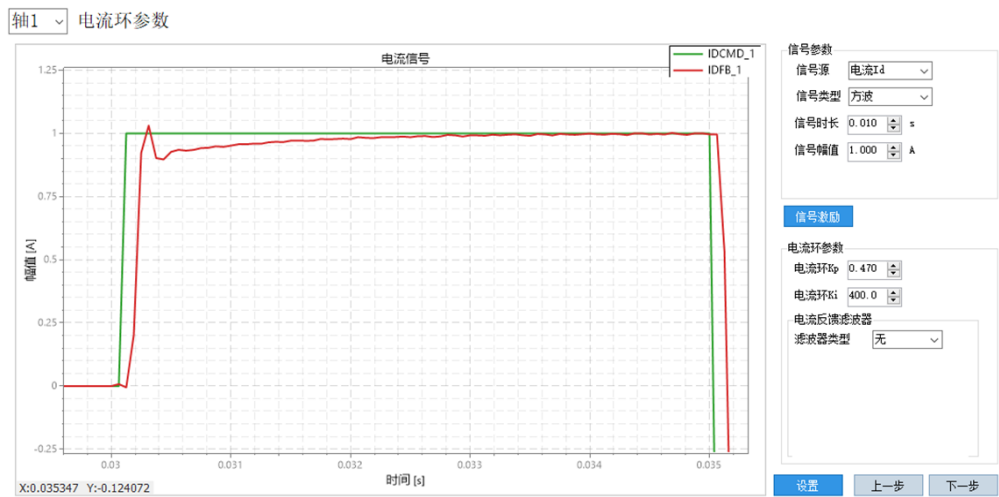


图 C

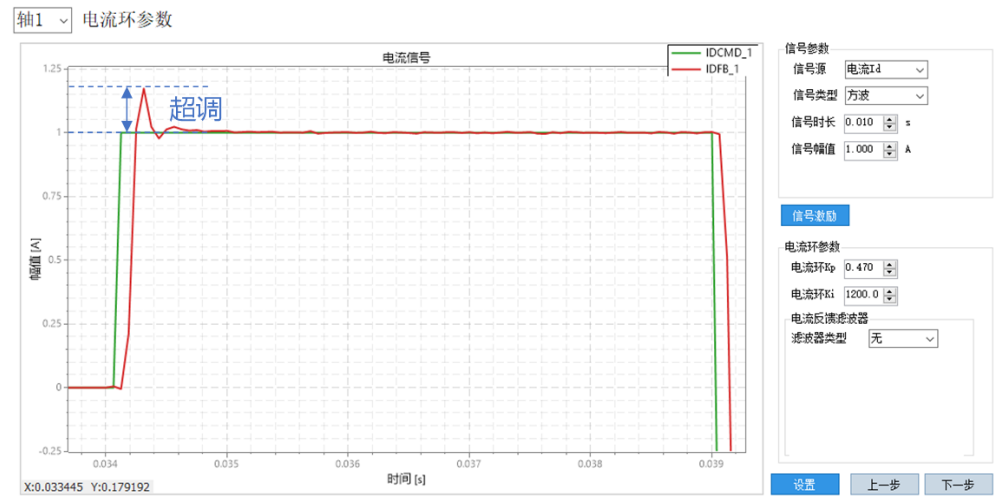
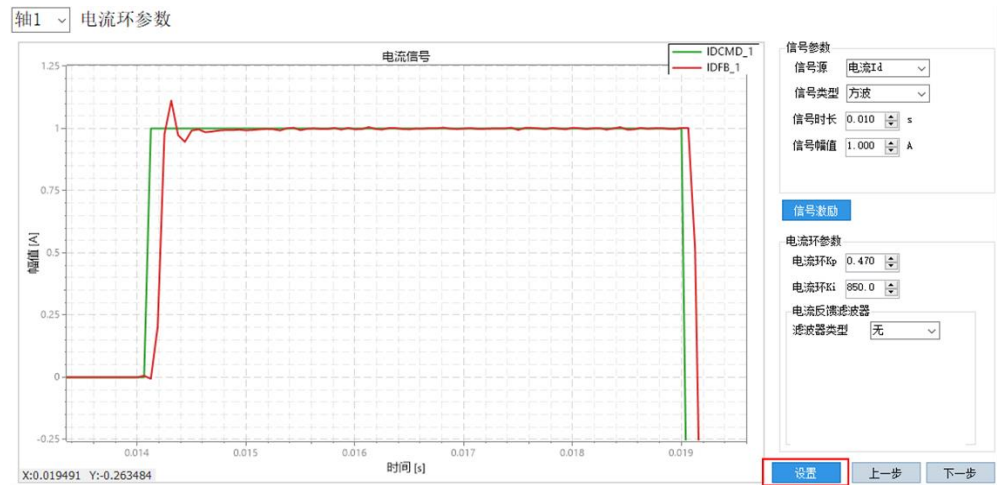


图 d

(6) 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。



6. 惯量测定

(1) 点击【惯量测定】进入惯量测定页面，于信号参数一栏设置信号幅值和信号时长，初始数据可据下图所示设置默认值，设置完毕后点击【开始惯量测定】。

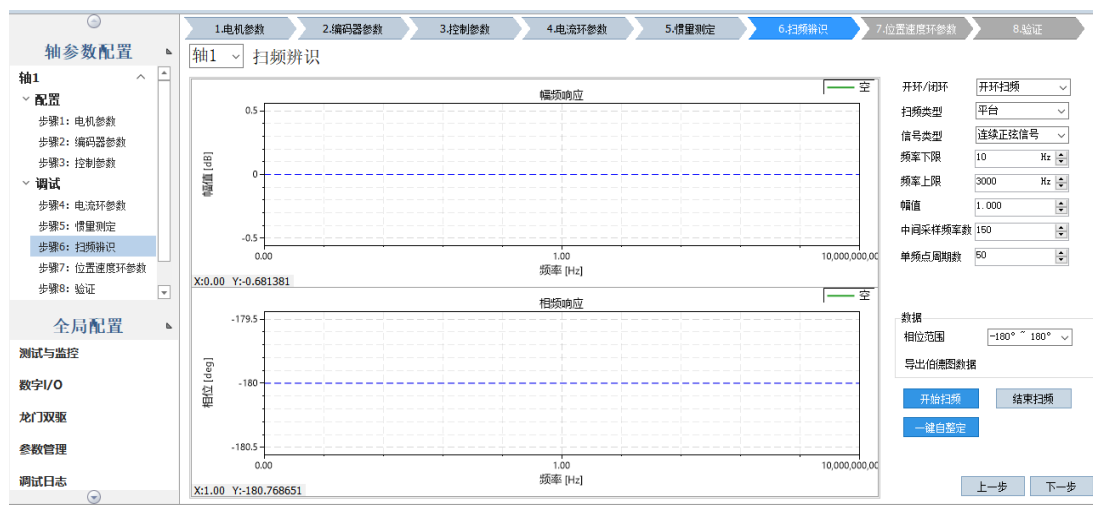
(2) 每次点击惯量测定将自动生成一系列数据，重点观察表格中的【置信度】一栏。如果该次数据的置信度超过 80%，则可认为测定有效，予以保留（尽量高于 90%）；如果置信度不够，则可略微提高信号幅值，略微降低信号时长，直到置信度满足要求。

置信度	负载惯量比	阻尼系数	正向摩擦系数	负向摩擦系数	操作
83.51%	0.403	44.838	0.003	0.015	应用 删除
85.17%	0.452	15.945	0.001	0.068	应用 删除
95.37%	0.511	8.724	0.002	0.040	应用 删除
平均值	0.455	23.169	0.002	0.041	应用 删除

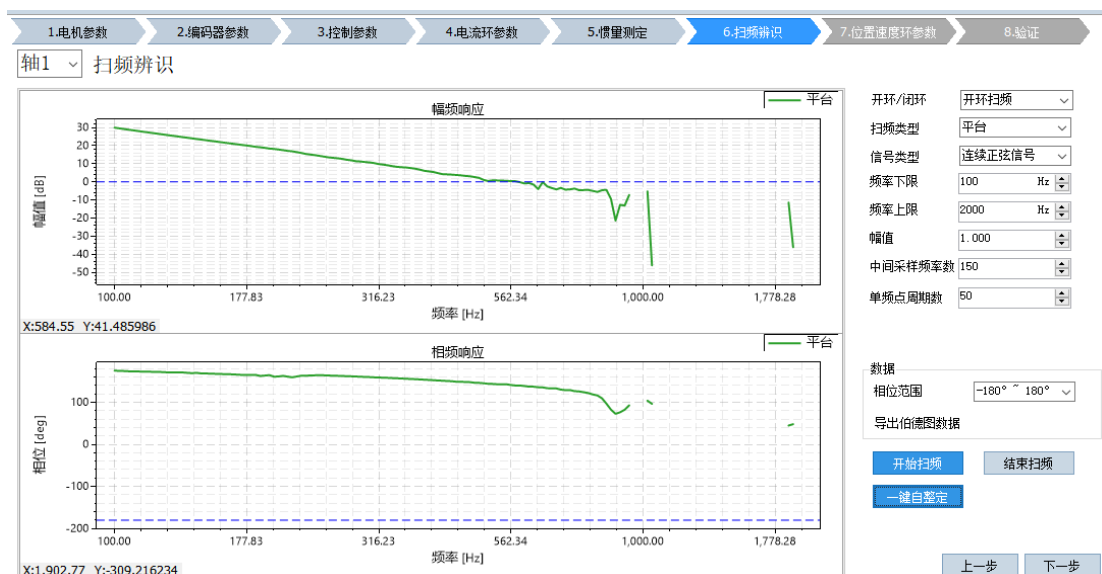
(3) 获得三组及以上有效惯量测定数据后，于平均值一栏点击【应用】，惯量测定数值将自动写入惯量参数一栏并生效。此外，也可以手动调整惯量参数，调整后需要点击【设置】使参数生效。

7. 扫频辨识

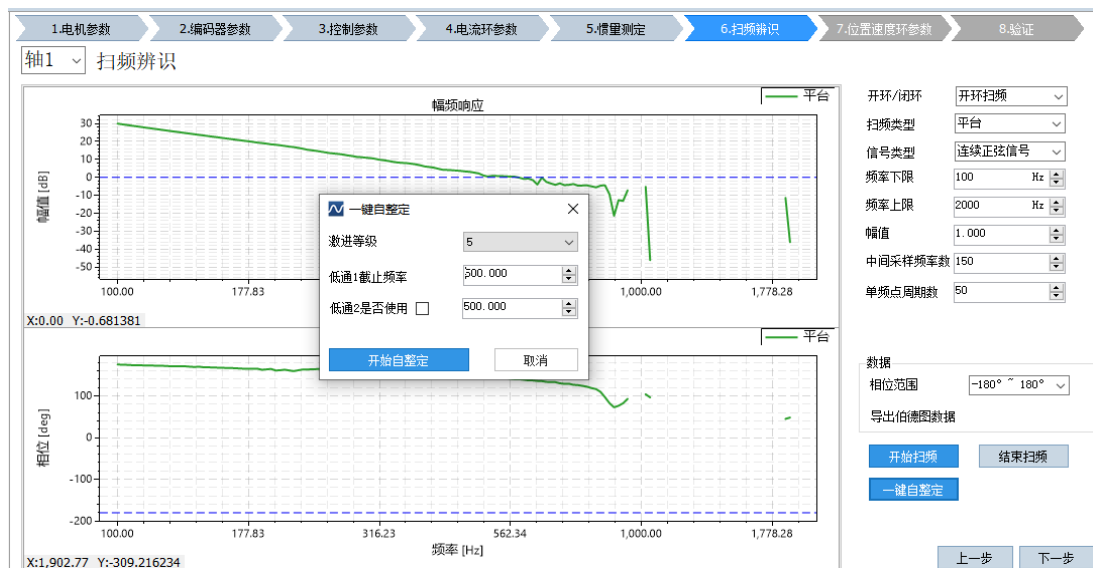
(1) 点击【扫频辨识】进入扫频界面，初始参数可据下图进行设置，通常无需调整。



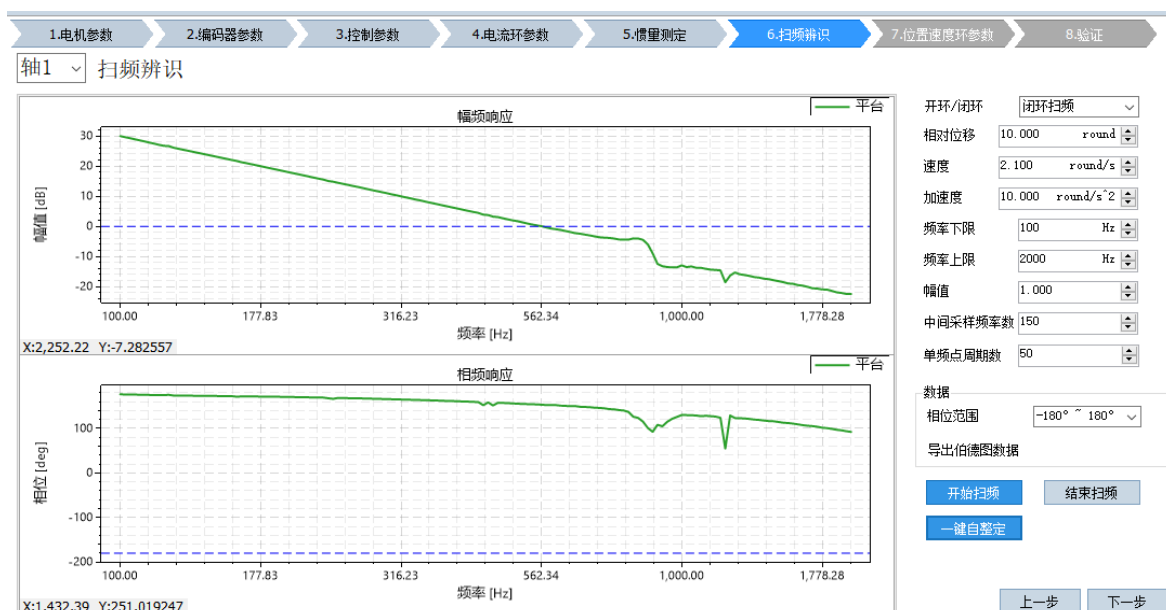
(2) 点击【开始扫频】，将对所设置频率范围内可能存在的共振点进行检查。整个扫频过程通常持续 1-3 分钟左右。过程中，轴将逐渐抖动，响声也会逐渐尖锐，属于正常现象。（如希望减少抖动，可以提高频率下限；同理，如希望减弱尖锐响声，可以减低频率下限。但提高频率下限可能会导致自整定出来的参数刚性偏低；降低频率下限可能会导致高频的共振点没有识别到，自整定后仍有高频异响。）轴停止抖动且响声消失，左下角日志提示扫频结束，则代表扫频已经完成。如果过程中出现扫频失败，则需要重新拔插 USB 端子后，再次进行扫频。扫频完毕后，可以看到设定频率范围内的幅频、相频曲线，如下图所示：



(3) 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，调试简单且快速。具体操作方法见 9.2 一键自整定。

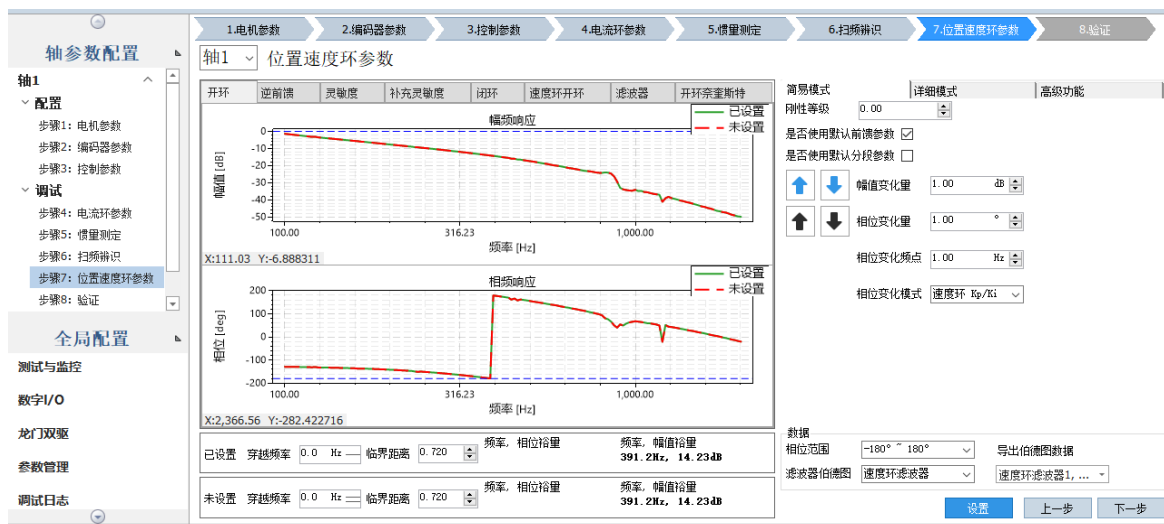


注意 可以看到，在进行【开环扫频】时，频率响应曲线在高频时出现断点和不连续，这是因为编码器分辨率相对较低，或这些频点为反共振点，导致检测到的位置或速度信号为非正弦。若想改善这种有断点的情况，可以改为【闭环扫频】（前提是当前的位置速度环参数设置合理不会引起振动；可先用开环扫频用较低的激进等级自整定一套参数），这样一来系统的反馈环路可以稳定系统响应，增加位置和速度信号的平滑度，保证信号在扫频测试频率范围内的连续性。



8. 位置速度环参数配置

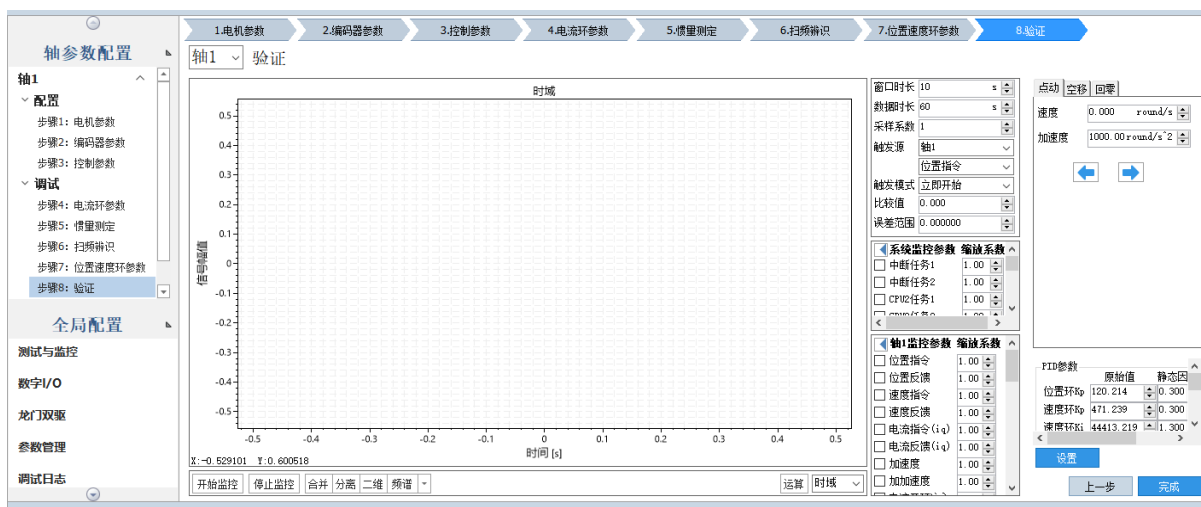
点击【位置速度环参数设置】，进入如下图所示界面。



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好，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。若控制精度不够高（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、观察频谱的峰值来确定共振频率，然后以该频点为中心频率添加陷波滤波器来抑制振动。除此以外，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。

9. 验证

(1) 点击【验证】，进入示波器界面，开始测定整体的参数调试结果。如下图所示。



(2) 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。可同时监控多个参数，但是当不同参数的信号幅值数量级存在差异时，可以考虑自行调整【缩放系数】，使这些参数在数量级上等同，能够清晰显示波形。



(比如：母线电压为 310V，相电流为 10A。在同时监控时，由于共用坐标轴的缘故，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 100A，波形将会清晰很多。)

(3) 选定好需要监控的参数后，切换模式为【速度模式】，点击轴 1 使能，可以看到轴 1 绿灯亮起。

(4) 点击【开始监控】，将显示这些参数的当前值。运动模式选择【点动】，点击轴 1 使能，并切换模式为【速度模式】，然后根据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。

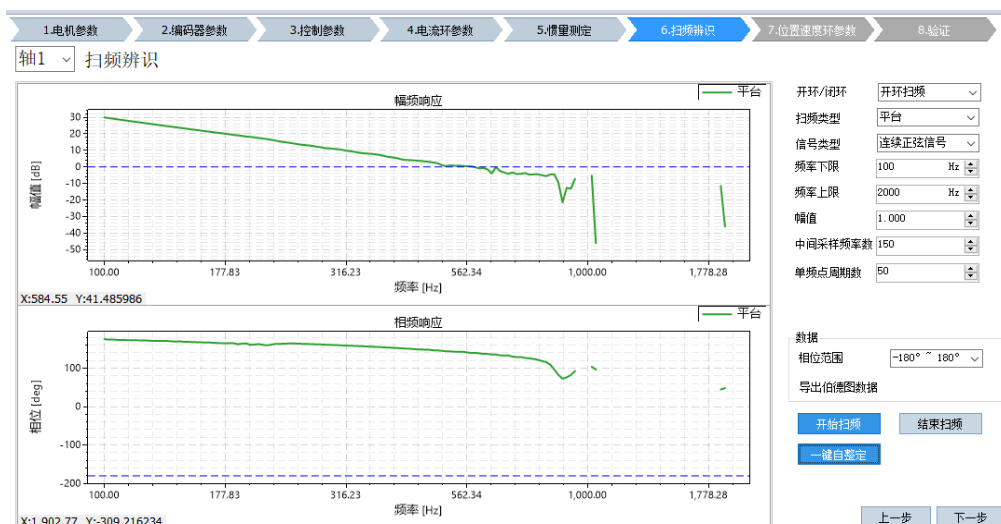
(5) 如果监控参数表明效果不够理想，或者运行过程中明显听到异响，则通常需要进行位置速度环参数的优化调节，直至满足要求为止。

(6) 点击【完成】，该轴调试完毕。随后，可将指令模式修改为 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，系统软件的相关具体操作此处暂且不表。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。

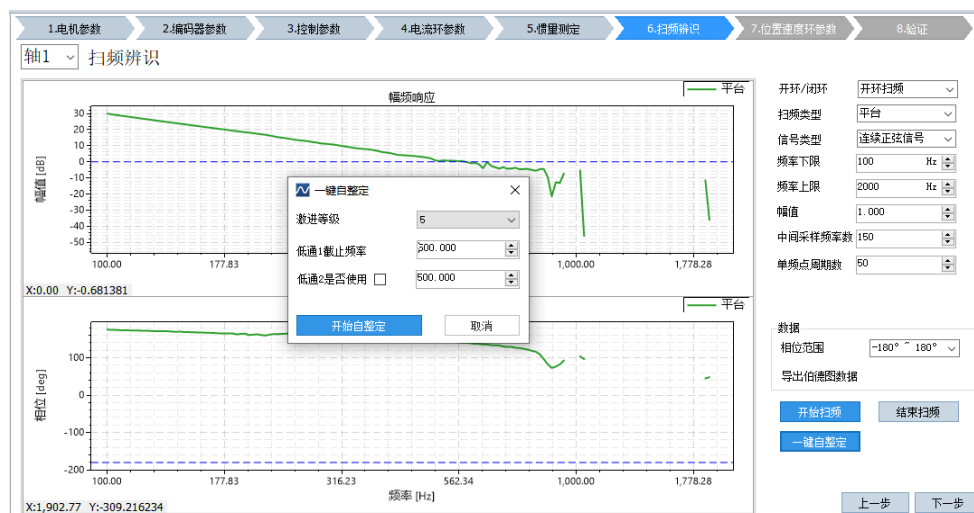
9.2 一键自整定

一键自整定时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。这样即使没有深入的专业知识，用户也能快速实现高效、稳定的系统运行。在本软件中，使用一键自整定功能快速调试驱动器时，步骤如下：

1. 使用自整定，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【扫频辨识】。
2. 扫频。可默认用开环扫频，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。



3. 扫频完成，点击【一键自整定】，设置自整定参数。

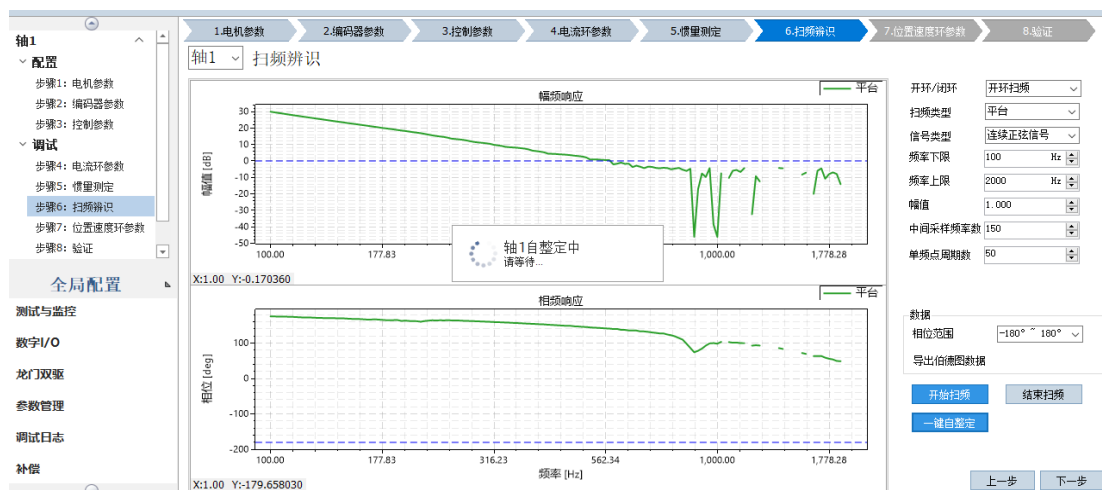




一般情况下用默认参数即可，提供以下接口供调整：

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

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。



9.3 手动整定

手动整定简介：

当一键自整定的控制响应结果不能够满足要求时，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的参数，优化控制响应。

我们知道，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，调试的目的就是为了找到参数的平衡点，折衷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 8dB 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的情况发生，这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。

【位置速度环参数】界面介绍：

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。



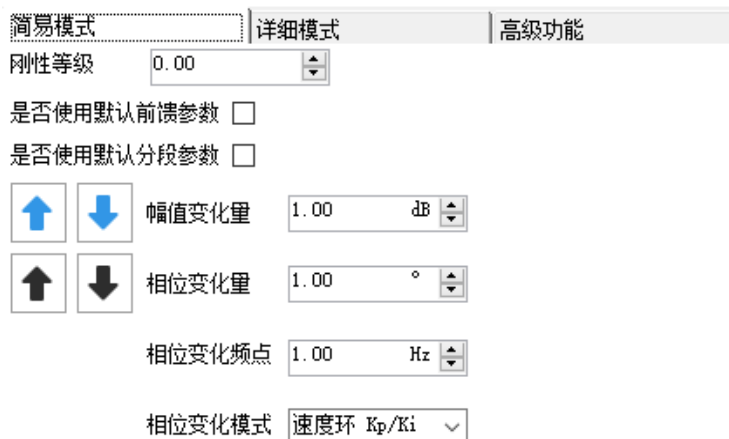
The screenshot shows the '详细模式' (Detailed Mode) tab of the '位置速度环参数' (Position Velocity Loop Parameters) interface. It contains the following sections:

- PID参数** (PID Parameters): A table with columns for '原始值' (Original Value), '静态因子' (Static Factor), and '整定因子' (Tuning Factor).

参数	原始值	静态因子	整定因子
位置环 K_p	120.214	0.300	1.000
速度环 K_p	471.239	0.300	1.000
速度环 K_i	44413.219	0.300	1.000
- 到位整定时间** (Arrival Tuning Time): 5 ms
- 伺服环延时** (Servo Loop Delay): 1 周期 (1 cycle)
- 前馈参数** (Feedforward Parameters):

前馈系数	速度前馈	加速度前馈	阻尼前馈
1.000	1.000	1.000	7.735
- 速度环滤波器1** (Velocity Loop Filter 1):
 - 滤波器类型 (Filter Type): 低通 (Low Pass)
 - 截止频率 (Hz) (Cut-off Frequency (Hz)): 602.0
- 速度环滤波器2** (Velocity Loop Filter 2):
 - 滤波器类型 (Filter Type): 无 (None)

【简易模式】页面提供了一些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）。



The screenshot shows the '简易模式' (Simple Mode) tab of the '位置速度环参数' (Position Velocity Loop Parameters) interface. It contains the following sections:

- 刚性等级** (Rigidity Level): 0.00
- 是否使用默认前馈参数** (Whether to use default feedforward parameters): ☐
- 是否使用默认分段参数** (Whether to use default segment parameters): ☐
- 幅值变化量** (Amplitude Change): 1.00 dB
- 相位变化量** (Phase Change): 1.00 $^\circ$
- 相位变化频点** (Phase Change Frequency): 1.00 Hz
- 相位变化模式** (Phase Change Mode): 速度环 K_p/K_i

【高级功能】页面包含了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。

简易模式

详细模式

高级功能

指令滤波参数

指令滤波模式

移动平均

移动平均指令滤波点数

0

DRC参数

DRC带宽

0.0

 Hz

DRC增益

1.000000000

高级抗扰参数

抗扰模式

位置型

追踪带宽

0.0

 Hz

干扰抑制增益

0.000

振动抑制增益

0.000

振动抑制频率下限

0.0

 Hz

振动抑制频率上限

0.0

 Hz

振动抑制补偿频率

0.0

 Hz

振动抑制补偿增益

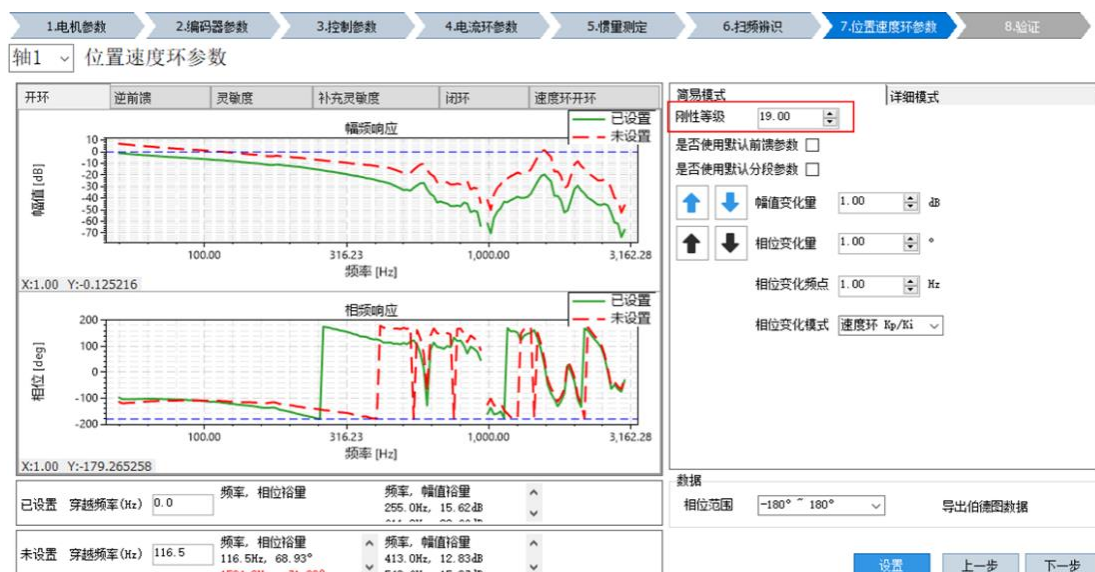
0.000

干扰抑制滤波

滤波器类型

无

【位置速度环参数】界面还显示了各个传递函数的频响，每个频响包含两条曲线，分别为已设置和未设置。修改参数时，可以看到红色曲线发生偏移，它代表的是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，绿色曲线将再度与红色曲线重合。调试时最主要的频响为开环。



接下来对各参数和功能逐一进行讲解：

详细模式：

1. 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最好整体提升或降低，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 范围内改小它的值，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它的值，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。

2. 前馈参数

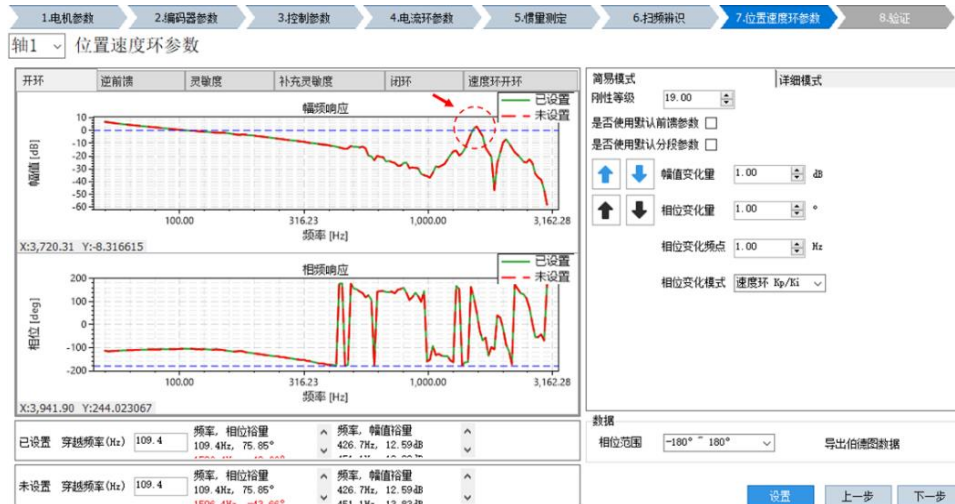
- (1) 速度前馈：速度环输入的速度指令比例系数。设置为 1 即可，用于消除匀速运动阶段的位置、速度滞后。
- (2) 加速度前馈：加速度指令对应的前馈电流比例系数。默认设置为 1，用于减小加减速阶段的位置误差。当需要提高整定时间时可微调该系数。
- (3) 阻尼前馈：速度指令对应的前馈电流比例系数。用于平衡电机运动时的阻尼力，默认设置为 0，对控制精度起微调作用。

3. 滤波器参数

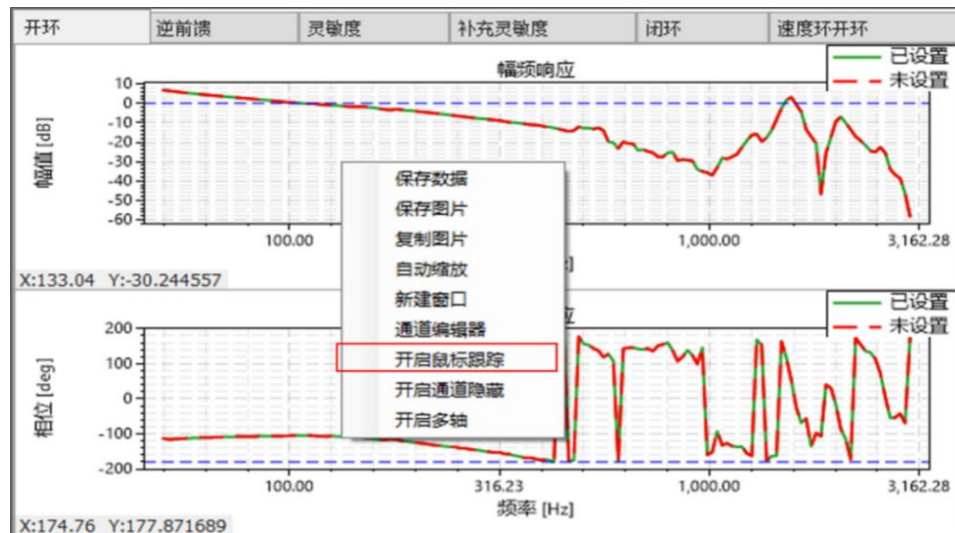
- (1) 速度环滤波器：通常采用 1 个低通+若干陷波或双二阶的形式设置。其中，低通用于调节整体的刚性和稳定裕度，截止频率越高，整体的幅值裕度越小，相位裕度越大。陷波或双二阶用于抑制共振，提升异响频点处的稳定裕度。
- (2) 前馈滤波器：精插补模式 1（默认）下不需要开启。若采用精插补模式 0，可设置为低通滤波器，截止频率参考值为 200Hz。
- (3) 速度反馈滤波器：默认不需要开启。当出现编码器异常情况时，比如栅距不均匀，可添加低通或陷波滤波器。

(4) 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:

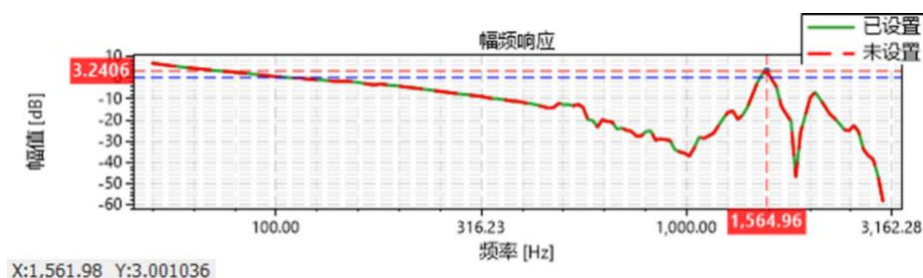
① 观察开环传递函数的幅频图, 通过添加滤波器实现以下目标: 尽量没有向上的峰, 如果有, 则峰值不高于-8dB。这一类尖峰通常会导致共振的发生。如下图所示, 在调整刚性等级至 19 后, 幅频响应曲线发生了上移 (红线), 其中一个峰已经超过 0dB, 需要通过添加滤波器进行抑制。



② 在曲线界面点击右键, 可以选择开启鼠标跟踪功能。



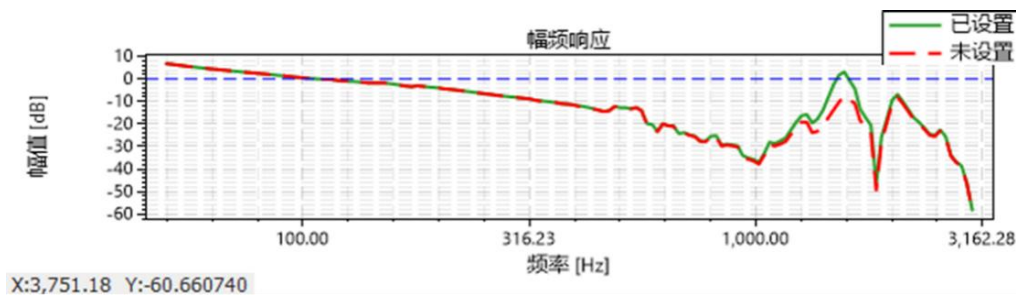
③ 通过该功能, 可以很方便地获知尖峰的共振频率 (峰值处的横坐标) 大概为 1560Hz, 如下图所示:



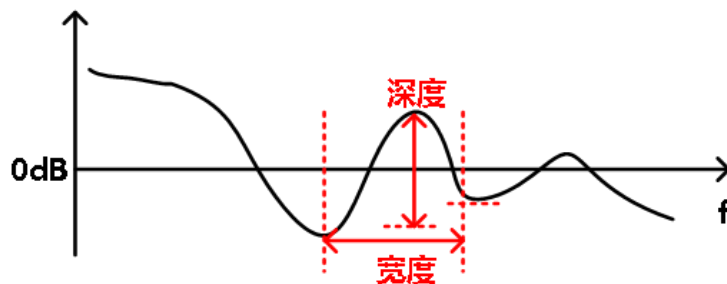
④ 对于这类共振频率超过 1000Hz 的尖峰，可以将滤波器类型设置为【陷波】，需要把陷波参数给的比较大。如果需要的陷波深度比较大，推荐使用双二阶滤波器，将滤波器类型设置为【双二阶】，因为双二阶滤波器可以在更大的范围内对幅值进行调整。调试双二阶滤波器的参数方法是：【分子频率】与【分母频率】均设置为共振频率，然后不断调整【分子阻尼比】与【分母阻尼比】的数值。整体而言，“分子阻尼比/分母阻尼比”越小，陷波的深度越大；而比值不变的情况下，分子越小，陷波的宽度越窄。观察幅频响应的红色曲线，不断微调参数，如下图所示：

滤波器类型	分子频率(Hz)	分子阻尼比	分母频率(Hz)	分母阻尼比
双二阶 ▾	1565.0	0.050	1565.0	0.200

⑤ 在该滤波器参数设计下，可以看到 1565Hz 处的尖峰明显得到了抑制（红线），降低到了-8dB 以下，如下图所示。点击【设置】即可保存修改。



⑥ 但是，对于共振频率不到 1000Hz 的尖峰，则推荐使用【陷波】滤波器。添加该类型滤波器前，需要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。



简易模式：

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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。

高级功能：

1. 指令滤波：指令滤波可平滑原始位置指令，用于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，通常在小圆加工和点到点快速整定到位时使用。支持两种指令滤波模式，移动平均和 FIR 低通。移动平均有一个参数，为移动平均指令滤波点数。FIR 低通有两个参数，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。

2. DRC 参数：用于提高低频段增益。
3. 高级抗扰：高级抗扰包含干扰抑制和振动抑制算法。
 - (1) 干扰抑制用于抵抗外部干扰因素，提升响应速度，参数参考值：抗扰模式位置型或速度型，追踪带宽为 200Hz，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 500Hz。
 - (2) 振动抑制用于抑制 100-1000Hz 的中频振动，提升运动平稳性。参数参考值：抗扰模式为位置型或速度型，追踪带宽为 200Hz，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。

9.4 指令滤波

指令滤波是指通过特定的滤波器，平滑伺服驱动中的控制指令，以减少噪声和振动，改善系统性能。在本软件中，在【位置速度环参数】页面，可以通过移动平均滤波或和 FIR（有限脉冲响应）低通滤波来实现指令滤波。

1. 移动平均滤波

简易模式	详细模式	高级功能
指令滤波模式	移动平均	
移动平均指令滤波点数	0	

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

- ① 【移动平均指令滤波点数】这个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。

2. FIR 低通滤波

简易模式	详细模式	高级功能
指令滤波模式	FIR低通	
FIR低通指令滤波点数	0	
FIR低通指令滤波截止频率	0.0 Hz	

这种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：

- ① 【FIR 低通指令滤波点数】这个参数指的是在 FIR 低通滤波器中使用的系统或点的数量。这影响了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】这个参数定义了 FIR 低通滤波器阻止高于此频率信号的界限。截止频率决定了滤波器允许通过的最高频率成分，频率低于此值的信号将被保留，而高于此值得到信号将被削减或消除。

9.5 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，从而可以在伺服控制系统中优化控制性能和提高系统稳定性。在本软件中，我们可以设置速度环滤波器、前馈滤波器、速度反馈滤波器和 ESO 干扰抑制滤波器。

1. 速度环滤波器

这种滤波器应用于速度控制环，用于平滑速度命令，减少系统对速度变化的瞬时反应，从而减轻振动和噪声，改善驱动器的速度控制性能，使运动更加平稳。

2. 前馈滤波器

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。

3. 速度反馈滤波器

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。

4. 干扰抑制滤波器

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得到效应，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：

1. 低通滤波器

（1）功能与应用：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。

（2）参数：

① 低通截止频率：这定义了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，而高于此值的成分则被削弱或滤除。

2. 高通滤波器

（1）功能与应用：高通滤波器用于消除信号中的低频成分，主要用于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应用中。

(2) 参数:

- ① 高通截止频率: 这定义了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, 而低于此值的成分则被削弱或滤除。

3. 陷波滤波器

(1) 功能与应用: 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。

(2) 参数:

- ① 陷波中心频率: 确定滤波器抑制效果集中的频率点。
- ② 陷波宽度: 定义了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。
- ③ 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。

4. 双二阶滤波器

(1) 功能与应用: 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。

(2) 参数:

- ① 分母频率: 决定了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。
- ② 分母阻尼比: 这个参数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得更快, 振动较少。
- ③ 分子频率: 影响滤波器的增益频率响应, 可以用来调整特定频率范围内的信号增益。
- ④ 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。

5. 超前滞后滤波器

(1) 功能与应用: 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。

(2) 参数:

- ① 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。
- ② 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。

6. 共振滤波器

(1) 功能与应用：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性频率信号的响应，特别是在需要精确控制或放大机械共振点时。

(2) 参数：

- ① 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。
- ② 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。
- ③ 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。

9.6 抗扰

抗扰指的是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。在本软件中，我们可以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估计这些干扰，并动态调整控制器的行为来抵消干扰的影响。振动抑制是通过计算提取高频干扰信号补偿到速度反馈中。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：定义了抑制振动的频率范围，只有在这个范围内的振动会被有效抑制。设定为 0Hz 表示对振动抑制频率的范围不做限制。
- 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）。

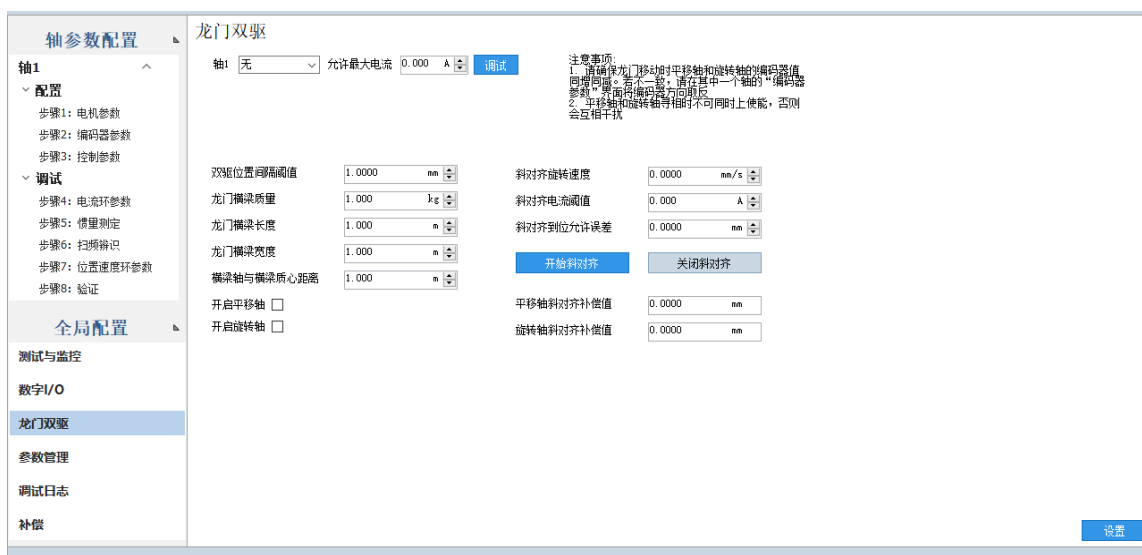
其外，在干扰抑制中，估计得到的干扰会通过干扰抑制滤波器，我们可以根据干扰的特性和系统需求，选择不同类型的滤波器，如低通、高通或陷波滤波器等，以最佳方式抑制干扰。

9.7 龙门双驱调试

龙门双驱是一种机械控制配置，其中两个电机同步驱动一个机械结构，通常用于需要高精度和大承载能力的设备，如大型数控机床。这种配置可以提高系统的稳定性和精确性，因为两个电机分摊负载并减少偏差。但它也要求高度精确的电机同步和复杂的控制策略，以确保平稳且一致地运动。

在本软件中，提供了龙门双驱的功能。相关调试流程如下：

1. 对两个龙门轴沿用快速调试流程的调试步骤，完成从【电机参数】到【惯量测定】（参见 9.1 快速调试流程）。
2. 在【测试与监控】界面同时监控两个轴的位置反馈并下使能移动龙门，确保它们的生长方向相同。若方向相反，进入其中一个轴的【步骤 2：编码器参数】，将其编码器方向设为当前的相反方向。方向配置完成后，可以通过点击状态栏的【编码器反馈】标签将两个龙门轴的编码器值清零，以便于观察之后的龙门运动情况。
3. 进入【龙门双驱】界面配置参数：



(1) 将双驱对应的两个单轴分别配置成【平移轴】与【旋转轴】。将旋转轴的【允许最大电流】调整为小于等于单轴的堵转电流。堵转电流可于【参数管理】界面对应轴号下的【用户参数-保护功能-电流保护】模块中查看。

(2) 【双驱位置间隔阈值】为双驱扭轴报警的保护参数，与机床的机械特性有关。对于刚性龙门，当两个双驱轴的导轨或光栅尺安装略微不平行时，会引起龙门放松状态下两个编码器增长不一致的现象。为避免该现象误触发双驱扭轴报警，通常不宜将双驱位置间隔阈值设置得过小。针对该问题，可在【测试与监控】界面监控两个龙门轴放松状态下全行程的位置反馈，利用【运算】模块计算两个位置反馈的差值。其差值的最大值减去最小值，即为两个编码器偏差的正常范围。【双驱位置间隔阈值】须大于该范围。

(3) 配置平移轴时，会根据负载惯量比自动计算一个龙门质量。也可以自行设置龙门质量。

(4) 测量【龙门横梁长度】、【龙门横梁宽度】、【横梁轴与横梁质心距离】并设置，若无横梁轴则设为 0。

(5) 【开启平移轴】和【开启旋转轴】用于开启和关闭平移轴和旋转轴的伺服环路。平移轴负责龙门整体的水平运动，是双驱运动的主体。旋转轴负责龙门的旋转运动，用于调节龙门的角度。

(6) 【斜对齐】功能用于寻找龙门的放松位置，是龙门初始化的一个环节。

① 【斜对齐旋转速度】：建议设为脉冲当量的 30%左右。速度越大，斜对齐越快。

② 【斜对齐电流阈值】：建议设置为略小于旋转轴的允许最大电流。

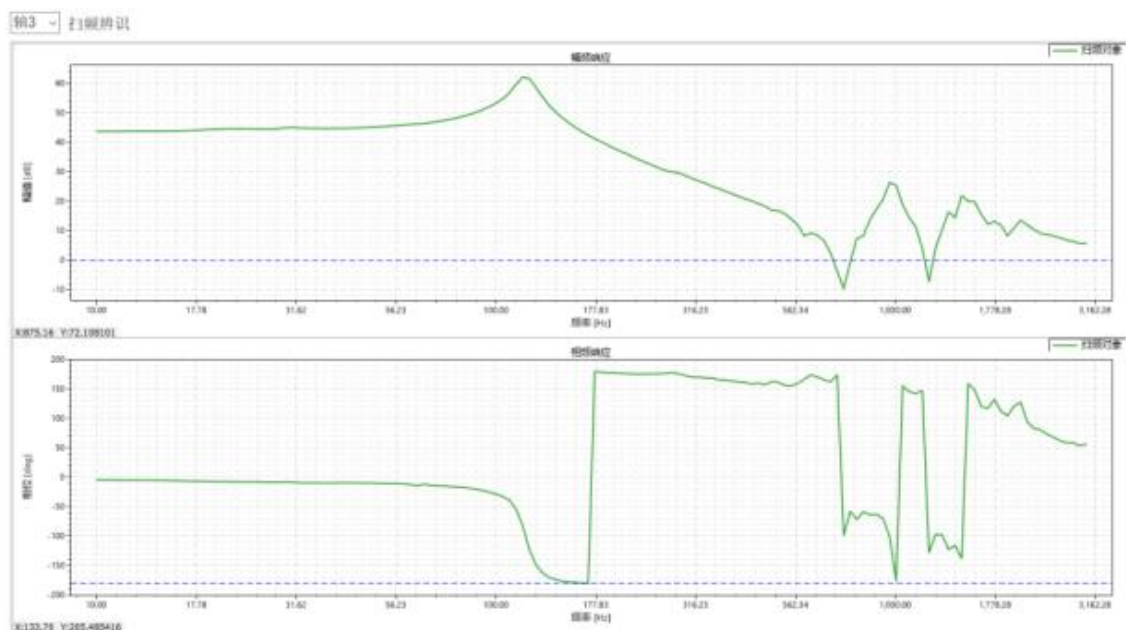
③ 【斜对齐到位允许误差】：通常设为 1。

4. 点击【调试】按钮，用和单轴调试一样的方式调试平移轴和旋转轴以及横梁轴。需要注意的是：

(1) 惯量测定：平移轴的调试按钮会跳至【惯量测定】界面。可点击【开始惯量测定】按钮执行双驱惯量测定，以获得更准确的惯量比，设置惯量比后回到【龙门双驱】界面，再次配置平移轴以更新龙门横梁质量。该步骤非必须，也可以直接点击下一步跳过该步骤执行后续的扫频等操作。

(2) 平移轴/横梁轴调试：平移轴和横梁轴调试方式与单轴完全相同，可进行自整定。

(3) 旋转轴调试：旋转轴的频响波形与单轴以及平移轴有较大差别，如下图，因此不建议执行自整定。可利用 9.1 中步骤 8【位置速度环参数配置】的简易模式给一个保证轴稳定的刚性即可，并需要将旋转轴的前馈参数都设为 0。检查稳定性的方式为：观察旋转轴的开环奈奎斯特图，若其不包围(-1,0)处的红色十字，说明稳定，否则不稳定。



5. 回到【龙门双驱】界面，配置为开启平移轴，关闭旋转轴，将两个双驱轴上使能，在“测试与监控”或“验证”界面进行点动或空移，调试平移轴的位置速度环参数至无振动、异响。调试方法与单轴相同。
6. 若上一步骤点动无异响，下使能，同时开启平移轴和旋转轴，再次上使能执行点动或空移，调试旋转轴的位置速度换参数至无振动、异响。
7. 执行误差测定，监控平移轴和旋转轴的位置误差，调试参数直至满足精度要求。



上海柏楚电子科技股份有限公司
Shanghai Bochu Electronic Technology Co., Ltd.

上海市闵行区兰香湖南路1000号
No.1000, South Lanxianghu Road, Minhang District, Shanghai City

www.bochu.com

