

RP 系列关节模组用户手册



版本号：V1.0

修订日期：2026 年 4 月 9 日

版本变更说明

RP 关节用户手册版本变更说明				
序号	版本号	变更日期	修订内容	变更人
1	V1.0	20260409	初版发布	--
				--
				--
				--

安全警告与重要须知

在进行本产品的安装、操作、维护或检查之前，请务必仔细阅读本用户手册及所有附录。错误操作关节模组可能导致人员受伤或财产损失。因此，操作人员必须确保已充分阅读并理解本手册全部内容，严格遵守其中所列的所有安全注意事项。

下文所示标志用于定义本手册中所涉及的危险等级及相关说明，请在使用前予以关注。

■ 警告标志

	警告： 这指的是即将引发危险的用电情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。
	警告： 这指的是即将引发危险的情况，如果不避免，可导致人员伤害或设备严重损坏。
	警告： 这指的是可能引发危险的热表面，如果接触了，可造成人员伤害。

■ 请务必遵守以下事项，以避免造成模组损坏

警告标志	警告说明	详细解释
	1、请勿在带电时插拔电源线	请确认在电源指示灯熄灭后，再进行接线和检查作业。
	2、请勿在带电时插拔串口通讯线	由于主站控制器与关节两端的GND在没接线时电平可能不一样，在接通的瞬间，两端GND之间的压差会导致串口接口损坏。
	3、请正确、牢固地连接电源端子	确保电源端子牢固连接，避免因接触不良而造成电源问题。

	4、注意外壳接地防护	关节外壳如不进行合理的接地处理，可能导致外壳积累电荷而带电，应对外壳进行合理的接地处理。
	5、请勿超过允许的电压和电流值	请根据所选产品规格确认连接条件，如果超过允许的电压值或电流值，则会损坏电机，比如电机出现过热的情况。
	1、设置适当的保护限制	在操作本产品的力矩模式时，若上位控制器下发目标指令不正确，可能导致意外飞车情况。请注意在上位控制器和本产品驱动器设定适当的保护限制，包括位置限制、速度限制和电流限制，以确保设备和人身安全。
	2、进行空载试运行	在试运行，为防止意外事故的发生，请对关节模组进行空载（不与传动轴连接的状态）试运行，否则可能会导致受伤。
	3、负载请勿超出容许转矩/弯矩	施加转矩请不要超出瞬间容许最大扭矩。否则可能会出现拧紧部螺丝松动、产生晃动、破坏等，导致产品故障。
	4、请勿拆解/更换产品组合	本产品为高精密设备，必须由专业人员进行安装、调试，严禁对组合产品实施拆解、重新组装。非正常使用导致的产品异常将失去保修

		权利。
	5、请在规定环境下使用	①防护等级：IP54；②工作温度：-10~40°C，储存温度：-20~60°C； ③使用与保存湿度：10%~90%RH；④无粉尘、金属粉、腐蚀性气体、易燃气体、油雾等。
	6、请小心取用及运输产品	①请勿使用坚硬物品敲击；②请勿摔落本产品；③运输时保持原包装，避免挤压碰撞。
	1、当心高温表面	电机在运行过程中，根据它们的防护类别，表面可能会非常烫。表面温度会超过 85°C，当心轻度烧伤。测量温度并等待，直到电机冷却到 40°C 以下再去触碰。
	2、空载运行	关节模组出厂时会通过严格的功耗测试。空载运行也会因摩擦，搅油损失保持制动器功耗等原因产生热量，模组的紧凑设计和光滑表面使其在未安装(如放置桌面)环境下不足以散发自身产生的热量而使表面温度上升，可能会触发温度保护并请注意高温烫伤风险。

法律声明

在使用本产品前，请用户务必仔细阅读本手册，按照本手册内容操作本产品。如用户违反本手册内容使用本产品，造成的任何财产损失、人身伤害事故，本公司不承担任何责任。因本产品由众多零部件构成，切勿让儿童接触本产品，以免发生意外事故。为延长产品使用寿命，请勿在高温、高压环境中使用本产品。

本手册描述与实际产品在颜色、外观等方面可能有所偏差，请以实际产品为准。本手册由江苏意优机器人科技有限公司（下简称意优）出版，意优随时可能对本手册中不准确的最新信息进行必要的改进和更改，或对程序和/或设备进行改进。本文中的信息如有变更，恕不另行通知，详情可查看下载中心栏（<https://www.eyoubot.com>）。所有图片仅供功能说明参考，具体请以实物为准。

版权声明

本文档受版权保护，保留所有权利。本文档的使用、披露和拥有受到软件版权与意优所定协议的限制。本文档的任何内容均不得影印、复制或翻译为另一语言，除非事先获得江苏意优机器人有限公司的书面许可。

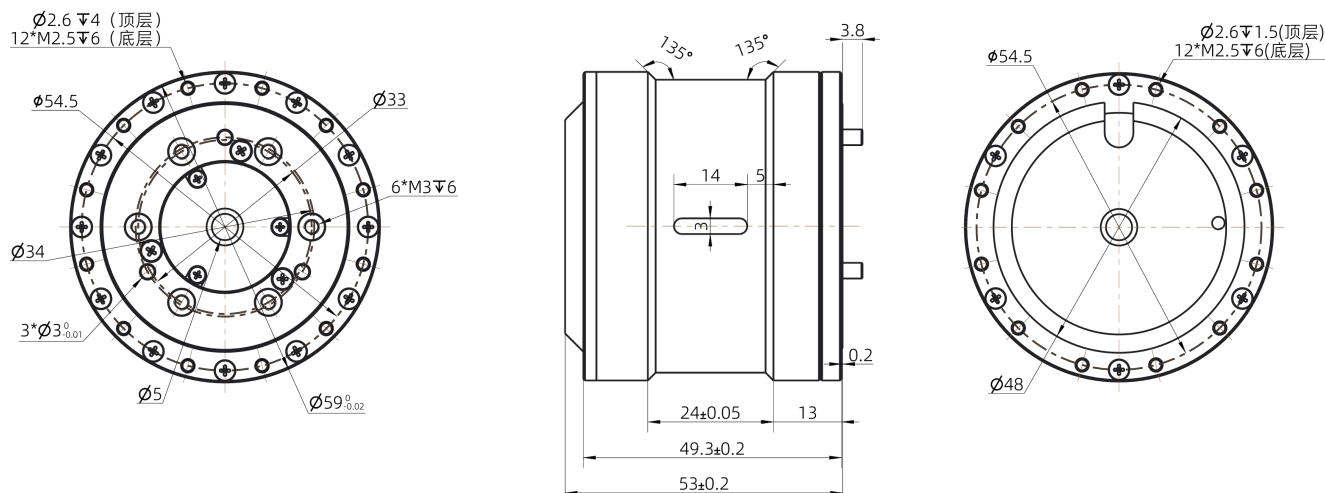
本文中的所有绘图和信息都是江苏意优机器人有限公司的财产。禁止所有未经授权的使用和复制。

目录

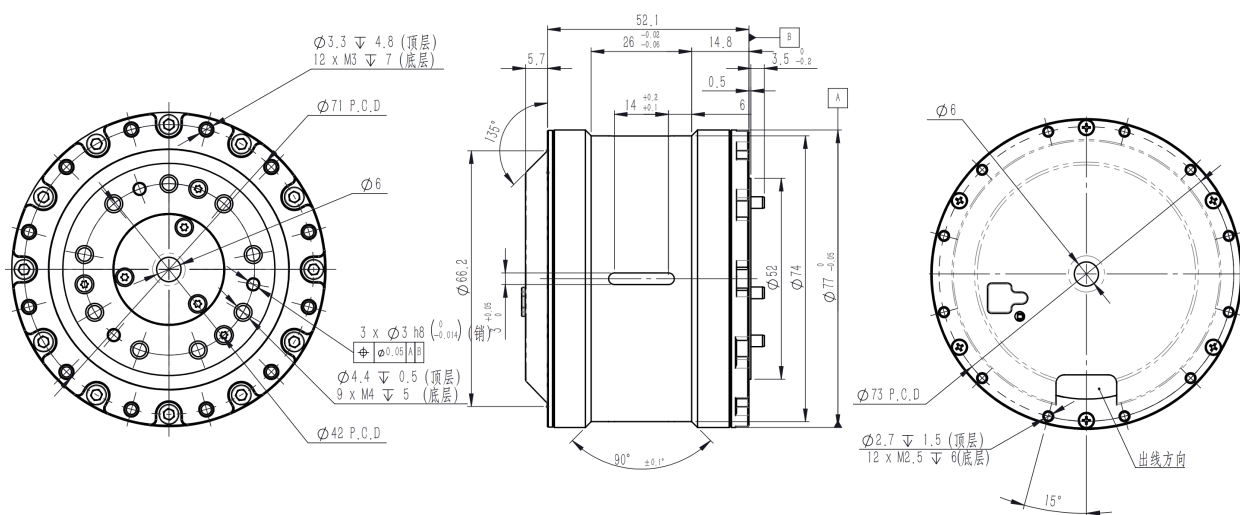
1. 产品规格参数	9
1.1. 产品介绍	9
1.2. 外观及安装尺寸	9
1.3. 产品技术规格	11
2. 驱动器产品信息	13
2.1. 驱动器技术规格	13
2.2. 驱动器接口定义	13
2.3. 驱动器接口及推荐型号	13
3. 上位机使用说明	15
3.1. 硬件连接	15
3.2. 软件使用步骤	15
3.2.1. 打开软件	15
3.2.2. 模式选择	15
3.2.3. 扫描电机	16
3.2.4. 界面介绍	17
3.2.5. 运动控制	21
3.2.6. 波形查看	28
3.2.7. 参数修改	28
3.2.8. 通信数据	31
3.2.9. 上位机总结	31
4. 驱动器协议及使用说明	32
4.1. 运行模式	32
4.2. 控制字与状态字	32
4.2.1. 控制字	33
4.2.2. 状态字	34

4.3. 轮廓操作模式	35
4.3.1. 轮廓位置模式(PP)	35
4.3.2. 轮廓速度模式(PV)	36
4.3.3. 轮廓转矩模式(PT)	36
4.4. 循环同步操作模式	36
4.4.1. 循环同步位置模式(CSP)	36
4.4.2. 循环同步速度模式(CSV)	37
4.4.3. 循环同步转矩模式(CST)	37
4.5. 设置零点	37
4.6. 设置 ID	38
4.7. 保存参数	38
5. Canopen 通信协议类型说明	39
5.1. 对象字典 (OD)	39
5.2. NMT 状态机与网络管理	40
5.2.1. NMT 状态机	40
5.2.2. NMT 模块控制报文	41
5.2.3. NMT 节点监控报文	41
5.3. 服务数据对象 (SDO)	42
5.3.1. 写入 SDO 数据	42
5.3.2. 读取 SDO 数据	43
5.4. 过程数据对象 (PDO)	44
5.4.1. PDO 传输类型	45
5.4.2. PDO 配置参数与配置流程	47
5.5. 同步对象 (SYNC)	48
5.6. 紧急对象 (EMCY)	49
5.7. 网络守护 (心跳与节点保护)	49
5.7.1. 心跳保护机制	50

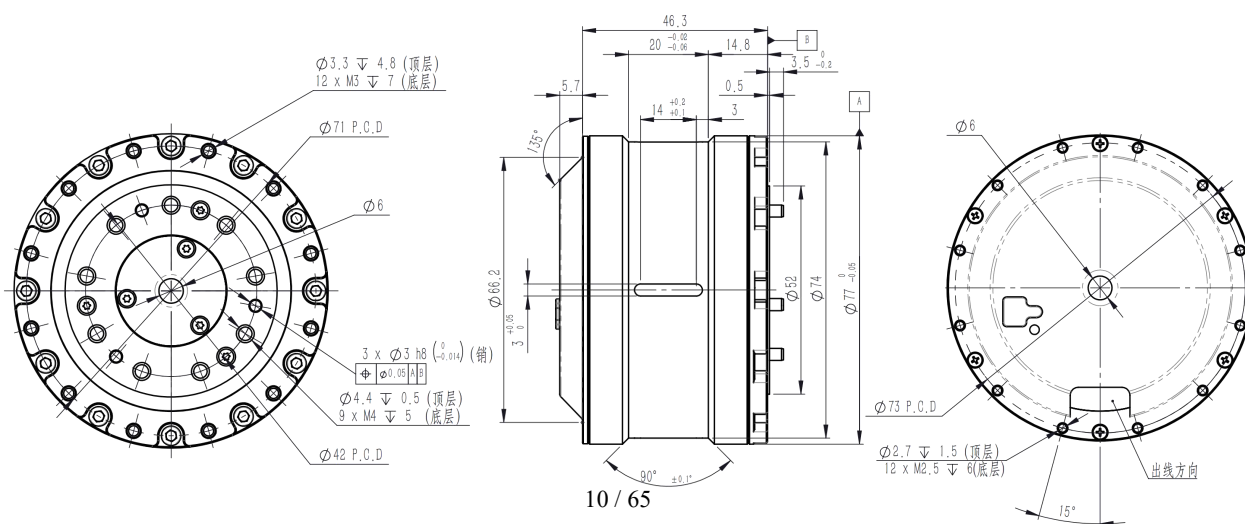
5.7.2. 节点保护机制	51
6. MIT 通信协议类型说明	53
6.1. MIT 介绍	53
6.2. MIT 控制框图	53
6.3. MIT 核心公式	53
6.4. MIT 控制协议	53
7. 维护与保养	55
7.1. 日常检查项目	55
7.2. 定期维护	55
7.3. 存储条件与期限	56
7.4. 维修与更换建议	56
8. 故障诊断与排除	58
8.1. CANopen 通信错误	58
8.2. 设备错误码	59
9. 附录	61
9.1. 保修政策与期限	61
9.2. 联系方式与技术支持	62
9.3. 术语表	64



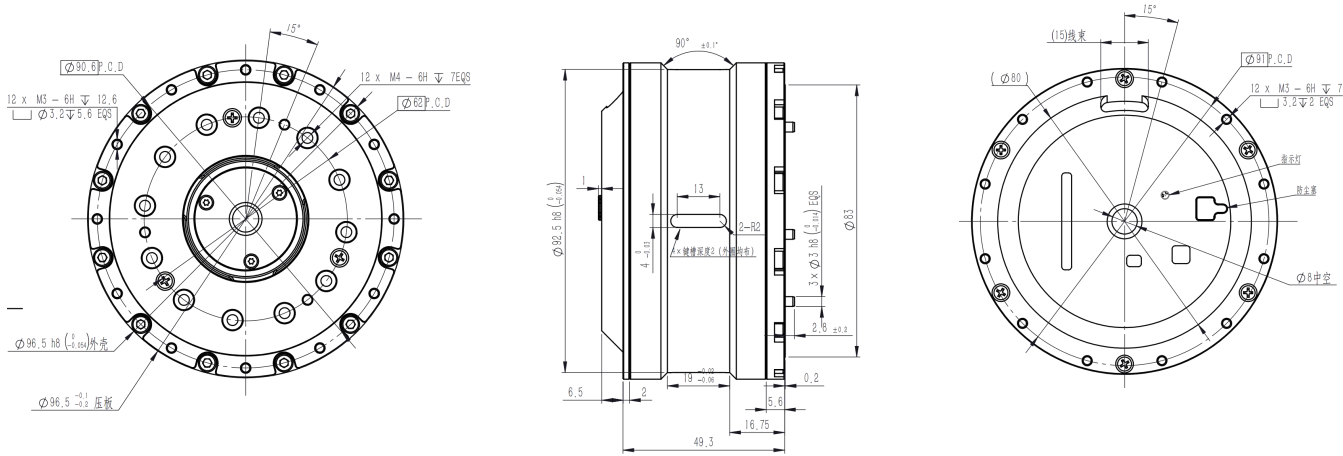
RP50L 行星关节模组



RP70H 行星关节模组



RP70L 行星关节模组



RP90S 行星关节模组

1.3. 产品技术规格

EYOU 意优科技		产品规格书					
序号		1	2	3	4	5	6
模组型号		RP40S	RP50L	RP50H	RP70L	RP70H	RP90S
结构	减速器方式	行星	行星	行星	行星	行星	行星
	减速比	25.0000	19.5278	19.5278	20.0000	20.0000	21.9130
	额定扭矩 (N.m)	2	5	10	12	20	40
	峰值扭矩 (N.m)	6	15	30	36	60	120
	关节额定功率 (W)	25	79	157	163	262	482
	背隙 (Arcmin)	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12
	输出端额定转速 (rpm)	120	150	150	130	125	115
	输出端峰值转速 (rpm)	145	180	180	160	150	140
	尺寸 (外径×轴向) (mm)	Φ45x52	Φ59x53	Φ59x59	Φ77x50.5	Φ77x58.3	Φ96.5x56
	重量 (g)	195.00	380.00	445.00	645.00	785.00	1050.00
	中空直径 (mm)	4	5	5	6.0	6.0	8
	壳体外观 (工艺颜色)	常规哑光黑	常规哑光黑	常规哑光黑	常规哑光黑	常规哑光黑	常规哑光黑
硬件	输出端径向 (动/静) 允许载荷 (N)	1170/980	2140/2740	2140/2740	2430/3490	2430/3490	2810/4680
	输出端轴向 (动/静) 允许载荷 (N)	/	510/1870	510/1870	5500/2270	5500/2270	6440/30480
	工作电压 (VDC)	48±10%					
	最大耐压 (VDC)	90					
	驱动器	内置					
软件	编码器/位数 (bit)	双绝对/17(input),19(output)					
	驱动器接口	电源 (DC in DC out) 、CAN FD (In,Out)					
	通讯协议	CANOpen / CANFD					
可靠性与寿命	控制模式	电流、速度、位置、MIT模式					
	工作环境温度 (°C)	-20~45					
	外壳工作温升 (°C)	≤60					
	噪音 (dB) @0.5m	≤65					
	IP等级	IP54					
	寿命 (h)	>3000					

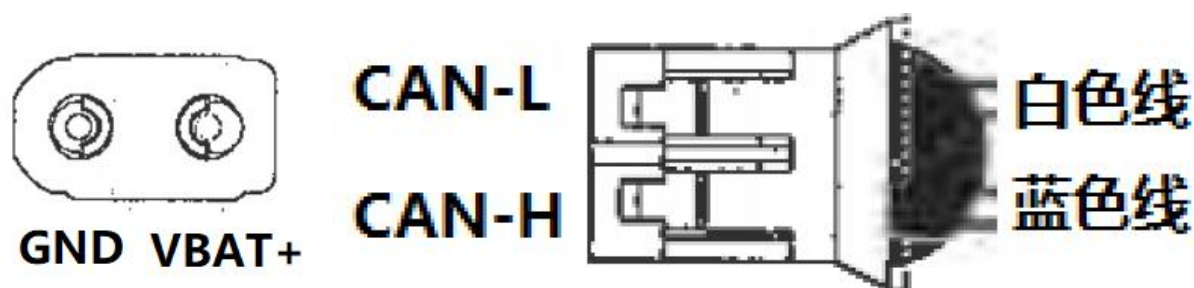
EYOU 意优科技	全新RP系列电机参数					
	1	2	3	4	5	6
型号	RP40S	RP50L	RP50H	RP70L	RP70H	RP90S
极对数	7	10	10	10	10	14
额定电压 (V)	48	48	48	48	48	48
额定输出功率 (W)	29.5	210	212	205	328	653
额定转矩 (N·m)	0.1	0.3	0.6	0.7	1.2	2.4
额定转速 (rpm)	3100	6700	3360	2800	2600	2600
额定电流 (Arms)	0.95	5.1	4.6	4.6	7	15
最大转矩 (N·m)	0.3	0.96	2.5	2.1	3.6	7.3
最大电流 (Arms)	2.85	18	20.3	16.3	22.6	49
相电阻 (ohm)	4.2 ± 8%	0.51 ± 10%	0.63 ± 10%	0.58	0.41 ± 8%	0.2053 ± 5%
相电感 (mH)	1.84 ± 8%	0.2 ± 30%	0.56 ± 20%	0.767	0.38 ± 8%	0.177 ± 10%
反电动势系数 (V/Krpm)	9.5	3.75 ± 10%	8.5	14.25	10.6	15.2
力矩常数 (N·m/A)	0.105	0.058	0.141	0.12	0.17	0.16

2. 驱动器产品信息

2.1. 驱动器技术规格

内容	典型值
额定工作电压	48V DC
允许最大电压	60V DC
额定工作电流	0.95-15Arms
峰值电流	2.85-49Arms
CAN 总线比特率	1Mbps
工作环境温度	-10℃-45℃
驱动器允许最大温度	85℃
编码器分辨率	≥17bit

2.2. 驱动器接口定义



2.3. 驱动器接口及推荐型号

产品	线束定义	线端型号	品牌厂家	对插型号	品牌厂家
RP40S	红 (VBAT+)	XT30U-M.G.Y	AMASS(艾迈斯)	XT30U-F.G .Y/	AMASS(艾迈斯)
	黑 (GND)				
	白 (CAN-L)	HX20006-2R	卡布斯	HX20006-2 Y	卡布斯
	蓝 (CAN-H)				
RP50L/H	红 (VBAT+)	XT30U-M.G.Y	AMASS(艾迈斯)	XT30U-F.G	AMASS(艾迈斯)

	黑 (GND)			.Y/	迈斯)
	白 (CAN-L) 蓝 (CAN-H)	HX20006-2R	卡布斯	HX20006-2 Y	卡布斯
RP70L/H	红 (VBAT+) 黑 (GND)	XT30U-M.G.Y	AMASS(艾迈斯)	XT30U-F.G .Y/	AMASS(艾迈斯)
	白 (CAN-L) 蓝 (CAN-H)	HX20006-2R	卡布斯	HX20006-2 Y	卡布斯
RP90S	红 (VBAT+) 黑 (GND)	XT60U-M.G.Y/	AMASS(艾迈斯)	XT60U-F.G .Y	AMASS(艾迈斯)
	白 (CAN-L) 蓝 (CAN-H)	HX20006-2R	卡布斯	HX20006-2 Y	卡布斯

3. 上位机使用说明

EYouCanOpenTool 是配套我司关节 CANOpen 接口一款快速调试软件,集成了 sdo、pdo、nmt、常规 CANOpen 控制功能,能够对实现单关节的参数读写、波形显示、运动控制等功能。

3.1. 硬件连接

- 1) 选择合适的 USBCAN, 目前 EYouCanOpenTool 支持两种 USBCAN: 开源的 canable (固件类型为 candlelight) 和创芯 CANalyst-II。
- 2) USBCAN 线要正确连接到关节端子, 确保 CAN_H 和 CAN_L 连接正确, 并且确保高低总线之间匹配电阻为 60 欧姆。
- 3) 关节供电, 根据型号选择合适电源电压供电, 切记不要电源正负极接反, 不然会损坏关节硬件。

备注 1: USBCAN 一般都会自带 120R 终端电阻, 需要拨动拨码开关打开。

3.2. 软件使用步骤

3.2.1. 打开软件

桌面找到 EYouCanOpenTool 快捷方式, 双击即可打开, 如图 3-1 所示:



图 3-1 EYouCanOpenTool 软件图标

3.2.2. 模式选择

为应对不同的场景, EYouCANopenTool 可选择不同模式, 如图 3-2 所示:



图 3-2 模式选择界面图

默认主站模式：此模式主要用于独立的电机测试调试，会按照固定数据配置电机的 TPDO 上传并显示波形，如果系统中有主站在控制电机不要按照此模式打开。此模式打开后，本软件即可作为简易 canopen 主站对从站关节进行数据读写、波形显示、运动控制。

自定义主站模式：此模式不会主动配置电机 PDO，用户可根据需求配置数据上传，同样如果存在主站不能选用此模式。

监听模式：此模式主要用于监听和修改关节参数，不能配置 PDO 和控制电机运动，主要用于系统已经存在主站控制。

是否默认加载从站字典参数：勾选后会自动扫描关节，并加载扫描到第一个关节的参数。

曲线刷新周期（ms）：波形刷新频率，单位毫秒，无特殊要求保持默认即可。

曲线保存时长（S）：波形显示缓存时间，单位秒，无特殊要求保持默认即可。

设备类型：Canalbe_CandellLight 或 USBCAN-2E-U，根据实际选择，暂不支持其他型号

波特率：1000K（关节出厂默认值，如果更改过可根据实际选择）

总结：我司的 EYouCANOpenTool 其实作为一个主站工作的，如果系统中没有正在工作的主站，可以直接采用<默认主站模式>即可，配置调试完成后，需要对关节系统重新上下电重启；

3.2.3. 扫描电机

1) 首次打开软甲，会自动扫描总线上的关节。

2) 如果软件打开中，总线上关节有变动，需要手动扫描。

3.2.4. 界面介绍

软件打开后，关节正常连接界面如下：

1) <波形展示>界面显示如图 3-3 所示：

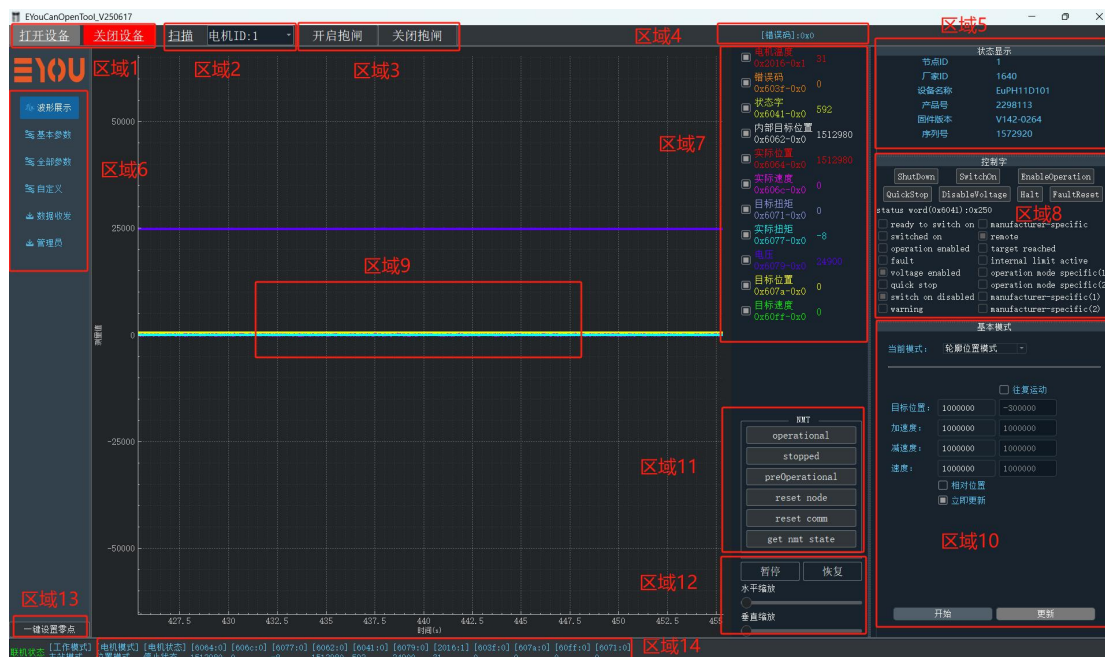


图 3-3 波形展示界面图

区域 1: USBCAN 打开关闭区域

区域 2: 扫描和关节 ID 选择区域，可以点击扫描按钮更新识别到的关节并在下拉框中选中要控制调试的关节。（目前 EYouCanOpenTool 只支持选择控制一个关节）

区域 3: 手动抱闸控制区域，针对有抱闸关节有效。

开启抱闸：开启抱闸供电，抱闸松开，可用下使能状态转动关节。

关闭抱闸：关闭抱闸供电，抱闸锁死。

注意：关节控制时，关节会根据上下使能状态自动管理抱闸松开和抱死，不需要单独控制。

区域 4: 常用状态显示，如电压、错误码、温度等。

区域 5: 关节信息显示，如产品号、固件版本、序列号等。

区域 6: 功能界面切换。

区域 7: 波形显示勾选及实时数据显示，可根据需求勾选对应用到波形。

区域 8: 控制字快捷指令及状态字显示区域, 可通过此区域 SDO 方式下发控制字指令及查看状态字显示。

区域 9: 波形显示区域, 可通过鼠标滚轮缩放波形, 通过鼠标右键退拽波形。

区域 10: 运动模式控制区域, 可以选择不同模式对关节进行控制。

区域 11: NMT 指令区域。

区域 12: 波形操作区域, 可借助暂停、恢复、缩放方便波形查看。

区域 13: 一键设置零点区域, 此功能考虑各种异常情况下零点设置, 可快速设置零点。

区域 14: 关节状态、数据显示区域。

2) <基本参数>界面显示如图 3-4 所示:

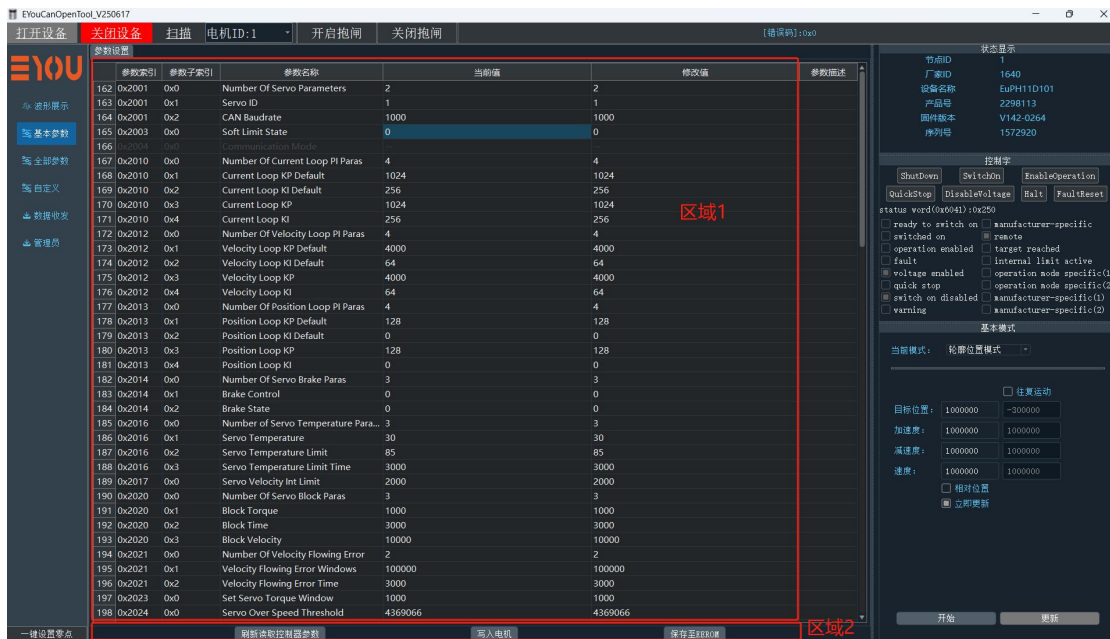


图 3-4 基本参数界面图

区域 1: 基本参数显示修改区域。可在修改

区域 2: 基本参数刷新、写入、保存操作区域。

3) <全部参数>界面如图 3-5 所示:

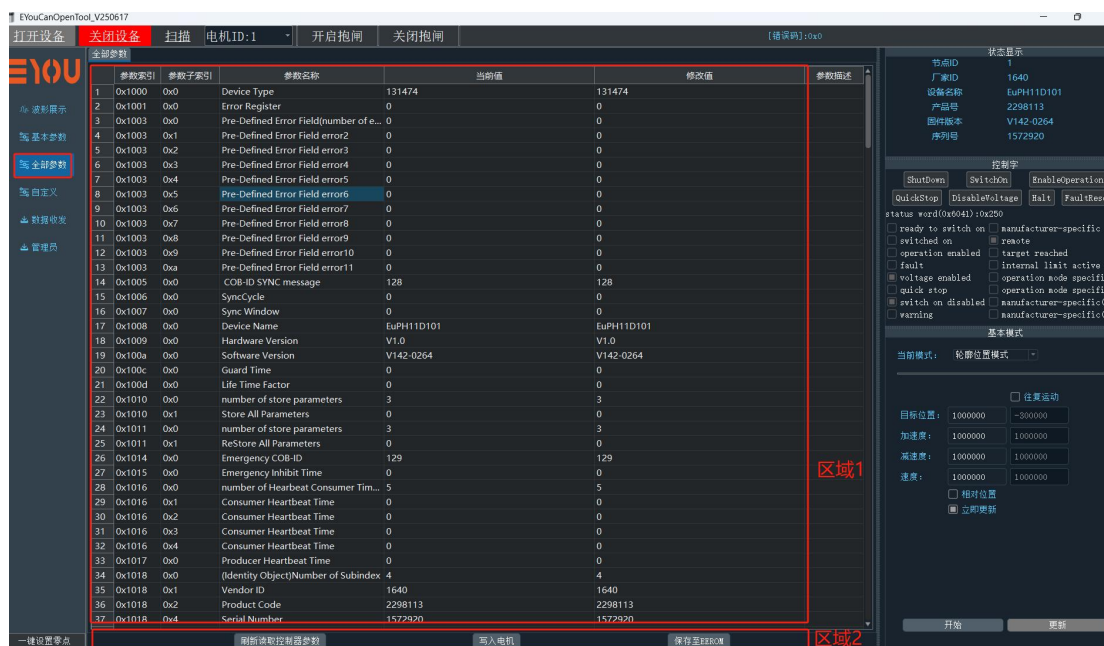


图 3-5 全部参数界面图

区域 1: 全部参数显示修改区域。

区域 2: 全部参数刷新、写入、保存操作区域。

4) <自定义>界面显示如图 3-6 所示:

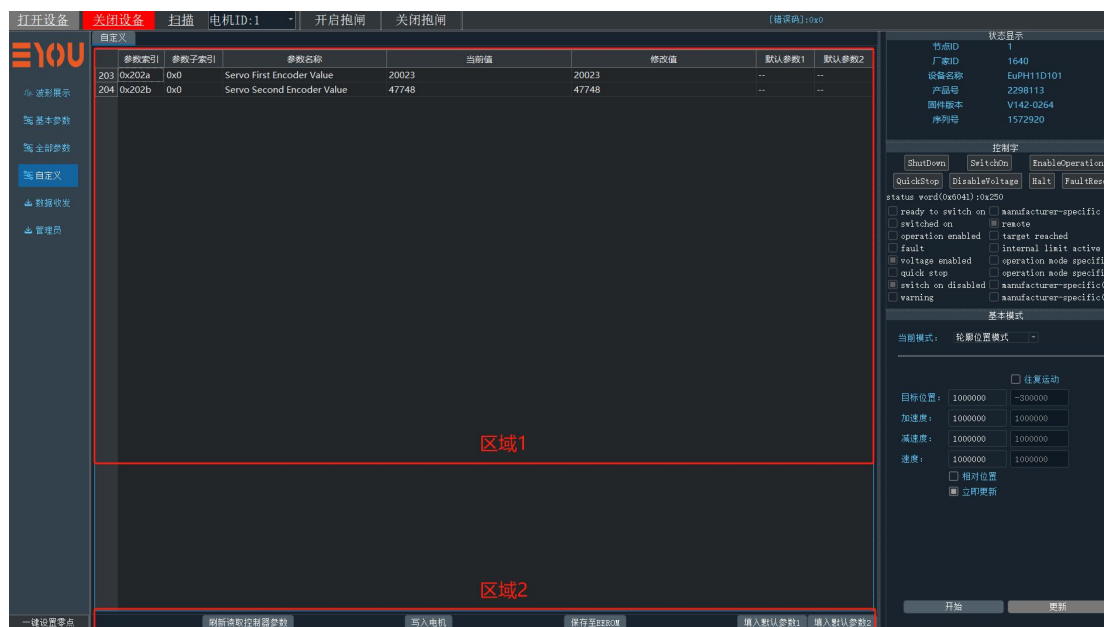


图 3-6 自定义界面图

此界面是快速调试常用参数使用，能够将常用参数汇总在本界面并且支持两组默认值，

后续会加入整体参数导入导出功能。

区域 1: 自定义参数条目显示、修改，可在全部参数、基本参数界面选择对应的条目右键->添加到自定义列表。

区域 2: 自定义参数刷新读取、写入、保存、默认参数组更新。

5) <数据收发>界面如图 3-7 所示:

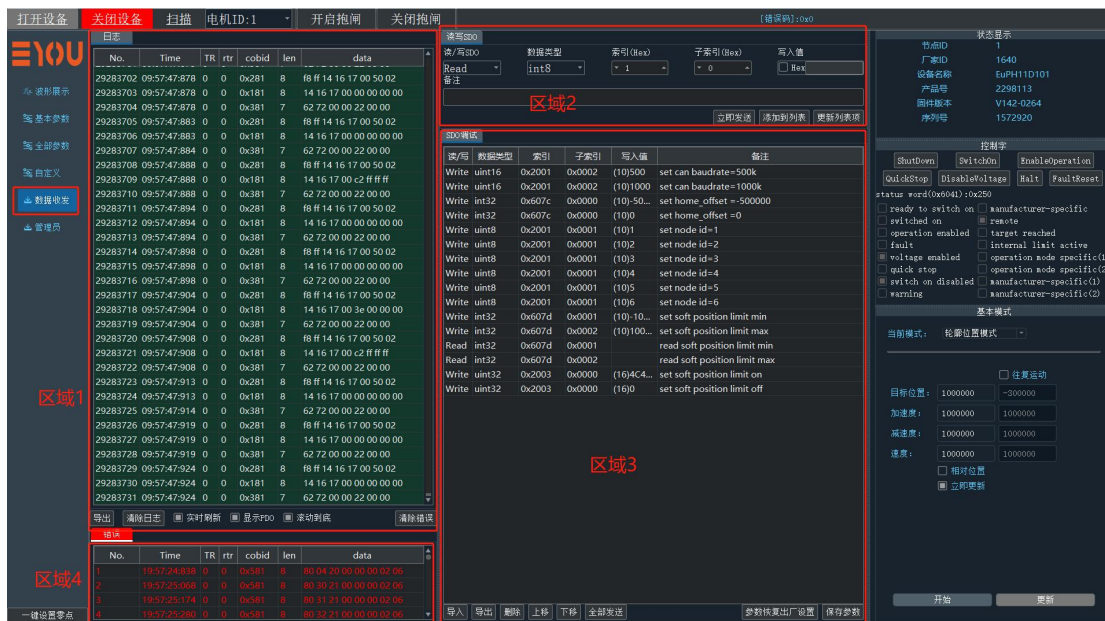


图 3-7 数据收发界面图

此界面用于通信数据查看、SDO 调试、快捷 SDO 指令收发。

区域 1: CAN 线上实时数据日志显示，借助此功能可以查看详细通信数据。

导出：可导出 excel 数据。

清除日志：清除已显示的数据。

实时刷新：取消勾选可暂停数据显示刷新，实际数据仍在收发。

显示 PDO：取消勾选可滤除大部分高速 PDO 数据，方便查看 SDO 数据。

滚动到底：取消勾选可方便滚动查看历史数据信息。

区域 2: 快速 SDO 调试读写，目前数据需要在区域 1 日志界面查看，后续 SDO 操作结果会在本区域显示。

区域 3: SDO 指令表，可通过区域 2 的 SDO 调试将指令添加到此表中。

导入：可导入 SDO 指令表使用。

导出：可导出 SDO 指令表。

删除：删除选择的 SDO 指令。

上移：向上移动选择的 SDO 指令。

下移：向下移动选择的 SDO 指令。

全部发送：点此按钮会依次全部发送命令表中所有 SDO 指令。

参数恢复出厂设置：恢复出厂设置，常规用户配置参数将会恢复到出厂原始数据，不要随意点此按钮。

保存参数：保存参数指令，下发 eeprom 保存指令。

区域 4：SDO 通信错误，可根据 SDO 错误码查看原因。此错误并非电机报错错误，仅为 SDO 通信错误。

6) <管理员>

此界面为特殊设置界面，无特殊需求不用关心。

3.2.5. 运动控制

推荐波形显示界面使用区域 10 基本模式控制功能，在当前模式下拉框中选择不同的模式进行控制。如图 3-8 所示：

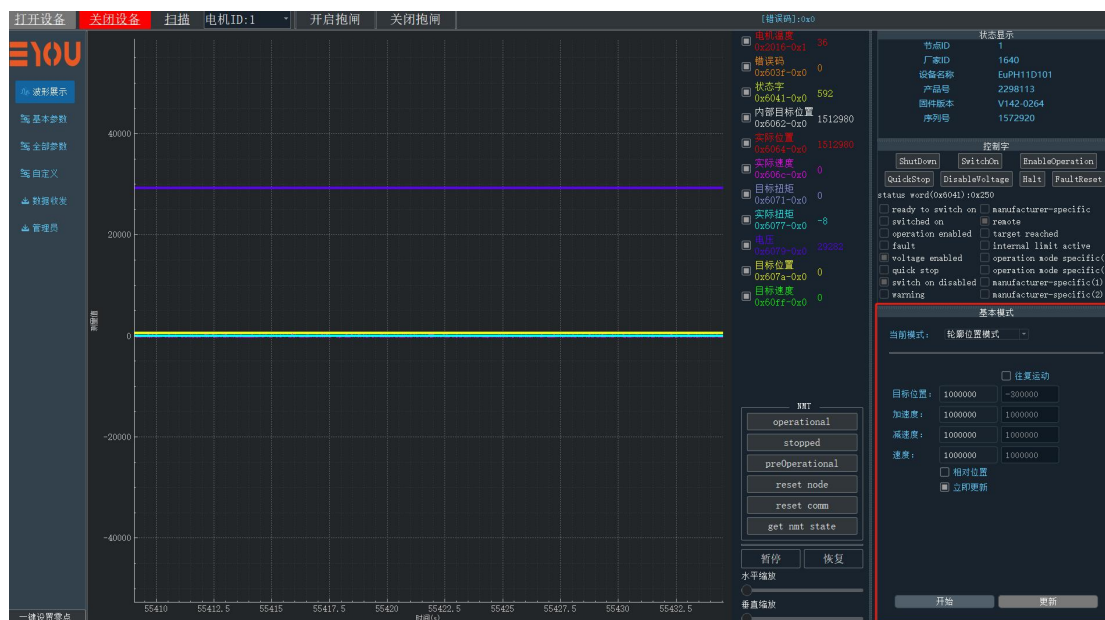


图 3-8 运控控制界面图

1) 轮廓位置模式：

此模式下，关节会自动规划梯形速度轨迹运行，需要下发控制目标位置、运行中的加

减速度、匀速速度。

目标位置：单位：脉冲，可以在<基本参数>查看 6091-02（电子齿轮比分母）字典，此字典值为关节输出轴一圈脉冲分辨率。如下图，6091-02=6619136，表示关节输出轴转动一圈对应 6619136 个脉冲。如图 3-9 所示：

0x6091	0x1	Gear Ratio Motor Revolutions	6619136	6619136
0x6091	0x2	Gear Ratio Shaft Revolutions	6619136	6619136

图 3-9 轮廓位置模式数据界面图

加速度：单位：脉冲/(秒*秒)，额定电压推荐 ≤ 10 倍额定转速。

减速度：单位：脉冲/(秒*秒)，额定电压推荐 ≤ 10 倍额定转速。

速度：单位：脉冲/秒，运行中的匀速速度，默认参数下额定速度=3276800 脉冲/秒

开始/停止：开始执行，包含了模式配置、上使能、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新：运行中，更新参数点此按钮进行更新。

往复运动：勾选此功能后，关节可以在两个运行参数中往复执行动作。

备注：电压低于额定或负载、惯量比过大情况，可根据实际调试减小加减速速度来保证运行效果和稳定。

应用举例，额定电压下，电子齿轮比没修改情况，约为 1/3 额定转速的运动参数，如图 3-10 所示：

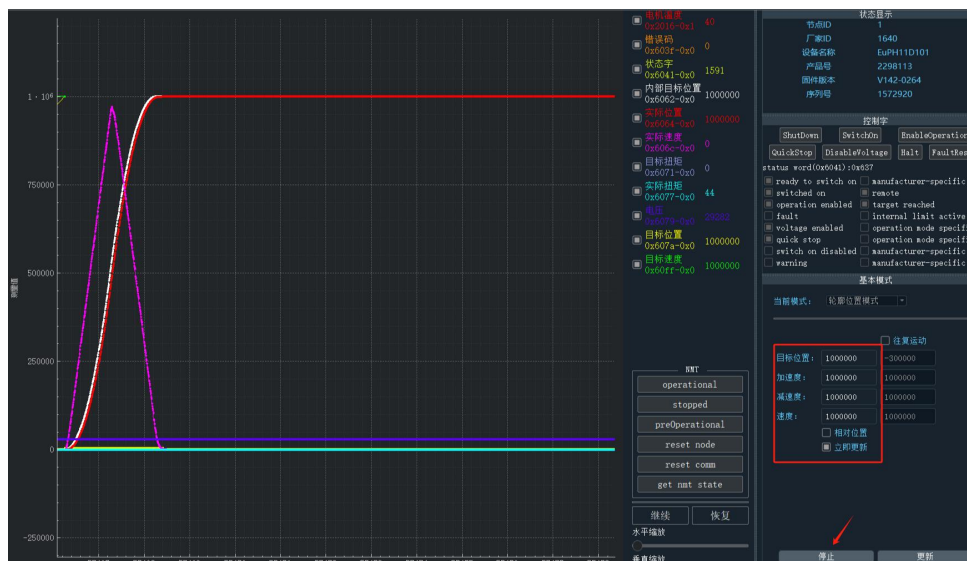


图 3-10 波形图

2) 轮廓速度模式:

此模式下，关节会自动规划梯形速度轨迹运行，需要下发控制目标速度、运行中的加减速速度。

目标速度：单位：脉冲/秒，可以在<基本参数>查看 6091-02（电子齿轮比分母）字典，此字典值为关节输出轴一圈脉冲分辨率。如下图，6091-02=6619136，表示关节输出轴转动一圈对应 6619136 个脉冲。默认参数下额定速度=3276800 脉冲/秒，首次测试或受限情况下，可先输入低目标转速测试，如图 3-11 所示：

0x6091	0x1	Gear Ratio Motor Revolutions	6619136	6619136
0x6091	0x2	Gear Ratio Shaft Revolutions	6619136	6619136

图 3-11 轮廓速度模式数据界面图

目标速度：单位：脉冲/秒，运行中的目标速度。

加速度：单位：脉冲/(秒*秒)，额定电压推荐 ≤ 10 倍额定转速。

减速度：单位：脉冲/(秒*秒)，额定电压推荐 ≤ 10 倍额定转速。

开始/停止：开始执行，包含了模式配置、上使能、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新：运行中，更新参数点此按钮进行更新。

往复运动等待时间：勾选此功能后，关节可以在两个运行参数中按照等待时间往复执行动作。

备注：电压低于额定或负载惯量比过大情况，可根据实际调试减小加减速速度来保证运行效果和稳定。

应用举例，额定电压下，电子齿轮比没修改情况，约为 1/3 额定转速的运动参数，如图 3-12 所示：

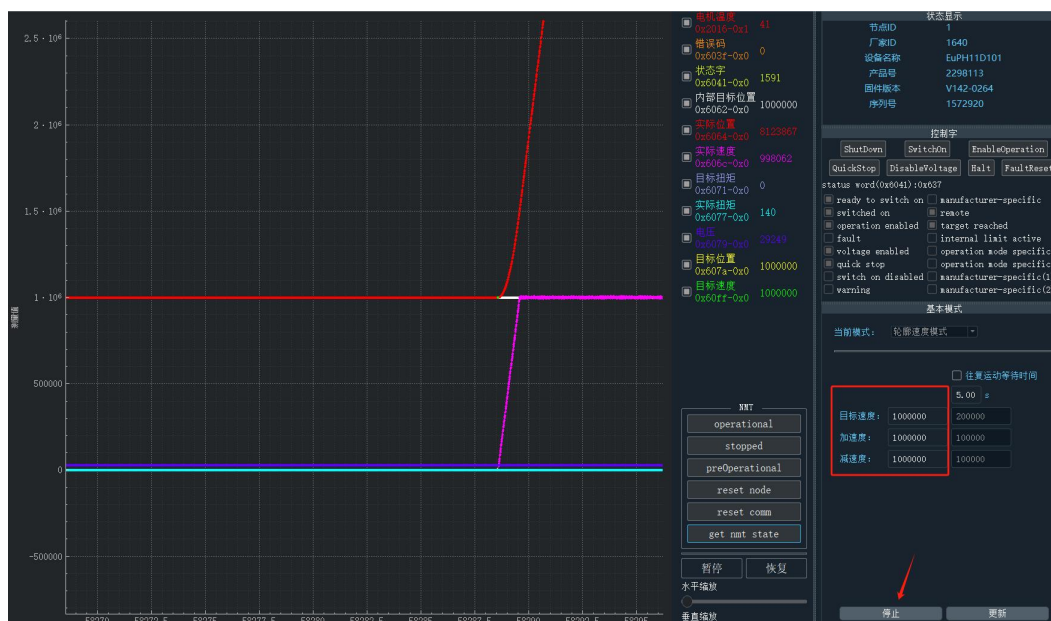


图 3-12 波形图

3) 轮廓扭矩模式:

此模式下，关节会自动规划梯形目标扭矩轨迹运行，需要下发控制目标扭矩、扭矩斜率。

目标扭矩：单位：额定扭矩千分比，扭矩输入输出已经按照额定扭矩进行千分比标定，比如扭矩反馈值=+200，代表当前输出正方向 0.2 倍额定扭矩，扭矩输出值=-200 代表输出负方向 0.2 倍额定扭矩。

扭矩斜率：单位：额定扭矩千分比/秒，运行中的目标扭矩变化斜率。

开始/停止：开始执行，包含了模式配置、上使能、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新：运行中，更新参数点此按钮进行更新。

应用举例，下面是一个 20%额定扭矩的运动参数，如图 3-13 所示:

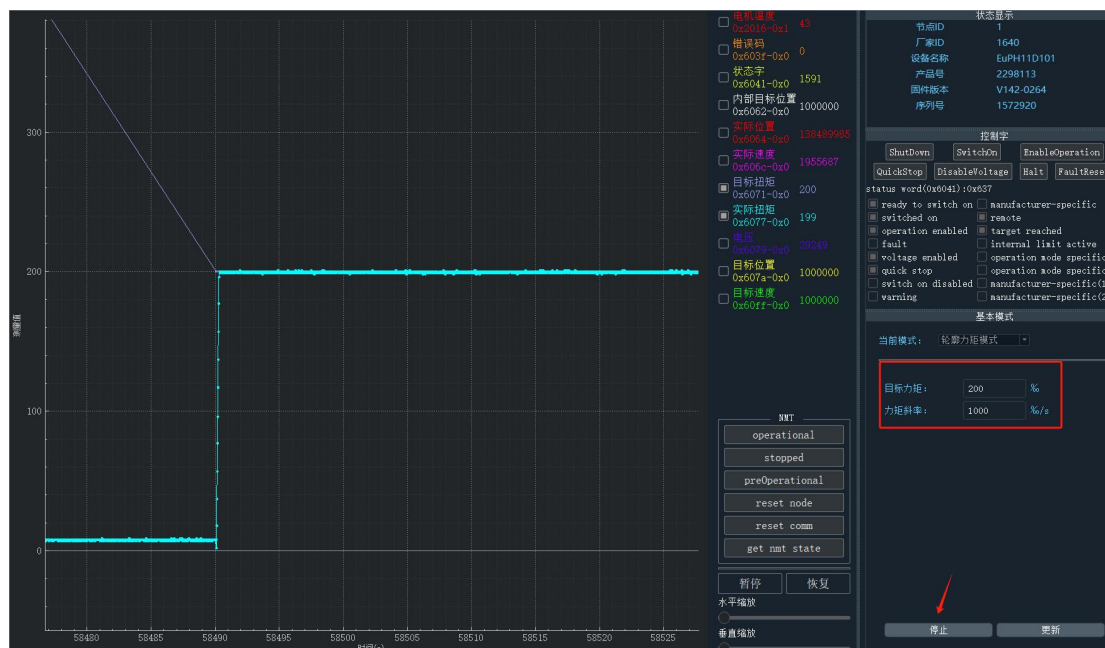


图 3-13 波形图

4) 周期同步位置模式:

此模式关节内部会根据周期下发的目标位置立即执行，适合高频率低周期的控制。

梯形规划/正弦规划: EYouCanOpenTool 作为主机按照所选模式规划运行轨迹，并实时下发给关节。

目标位置: 单位：脉冲，要运行轨迹的目标位置。

插补时间: 轨迹规划间隔时间，并按照这个周期下发数据到关节，关节内部立即执行不做直线插补。

速度: 单位：脉冲/秒,梯形速度方式规划轨迹的匀速速度。

加速度: 单位：脉冲/（秒*秒），梯形速度方式规划轨迹的加速度。

减速度: 单位：脉冲/（秒*秒），梯形速度方式规划轨迹的减速度。

同步: 勾选就会采用同步帧方式配置 RPDO，不勾选则是异步模式。

频率: 单位：赫兹，正弦规划时，规划轨迹的频率。

幅值: 单位：脉冲，正弦规划时，规划轨迹的幅值。

开始/停止: 开始执行，包含了模式配置、上使能、PDO 配置、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新: 运行中，更新参数点此按钮进行更新。

梯形轨迹应用举例，下面是一个规划插补周期=4ms 运动参数，如图 3-14 所示：



图 3-14 波形图

正弦轨迹应用举例，下面是一个 1hz，规划插补周期=4ms 的运行测试，如图 3-15 所示：



图 3-15 波形图

5) 周期同步速度模式：

此模式关节内部会根据周期下发的目标速度立即执行，适合高频率低周期的控制。

目标速度：单位：脉冲/秒，最终目标速度，本功能下会根据当前速度、目标速度、加减速速度及控制周期规划速度轨迹并按照周期下发给关节执行。

插补时间：轨迹规划间隔时间，并按照这个周期下发数据到关节进行执行。

加速度：单位：脉冲/（秒*秒），梯形速度方式规划轨迹的加速度。

减速度：单位：脉冲/（秒*秒），梯形速度方式规划轨迹的减速度。

同步：勾选就会采用同步帧方式配置 RPDO，不勾选则是异步模式。

开始/停止：开始执行，包含了模式配置、上使能、PDO 配置、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新：运行中，更新参数点此按钮进行更新。

应用举例，下面是一个规划插补周期=4ms 运动参数，如图 3-16 所示：



图 3-16 波形图

6) 周期同步扭矩模式：

此模式关节内部会根据周期下发的目标扭矩立即执行，适合高频率低周期的控制。

目标扭矩：单位：额定扭矩千分比，最终目标扭矩，本功能下会根据当前扭矩、目标扭矩、扭矩斜率及控制周期规划扭矩轨迹并按照周期下发给关节执行。

插补时间：扭矩轨迹规划间隔时间，并按照这个周期下发数据到关节进行执行。

扭矩斜率：单位：额定扭矩千分比/秒，梯形扭矩方式规划轨迹的加速度。

同步：勾选就会采用同步帧方式配置 RPDO，不勾选则是异步模式。

开始/停止：开始执行，包含了模式配置、上使能、PDO 配置、运动数据下发，之后按钮会变成停止。

更新：运行中，更新参数点此按钮进行更新。

应用举例，下面是一个规划插补周期=4ms 运动参数，如图 3-17 所示：

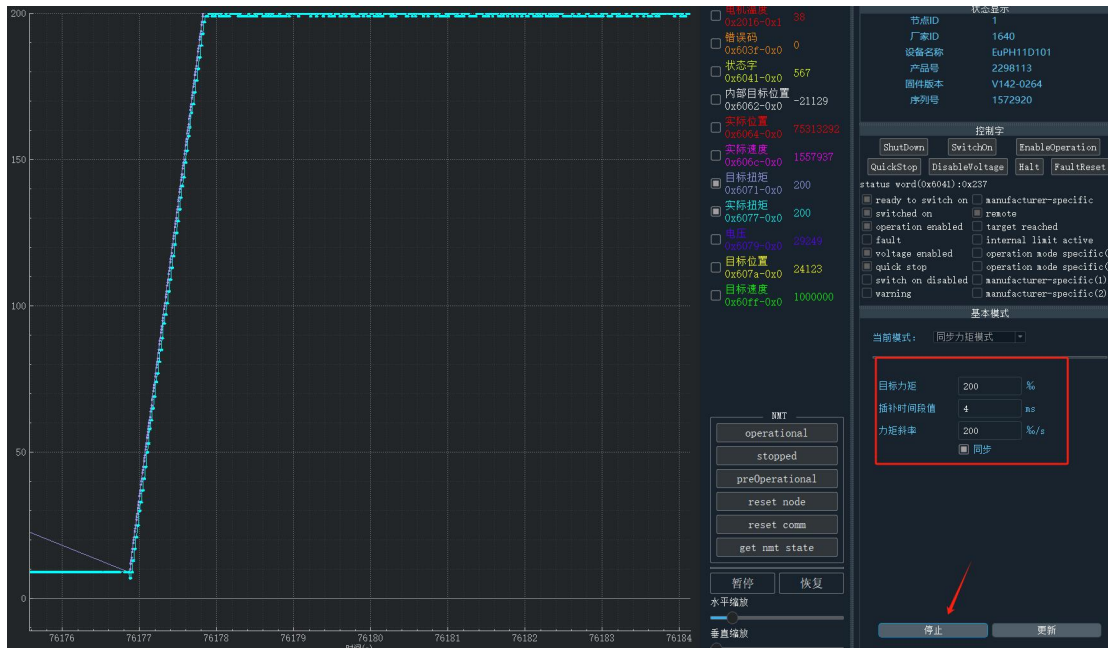


图 3-17 波形图

备注：不同电机、不同负载下，启动及运行扭矩不同，目标扭矩给的太低电机可能转动不起来。

3.2.6. 波形查看

在<波形展示>界面可以选择波形显示、暂停、缩放、恢复等，方便评测、调试关节，默认模式下只能选择软件固定配置的数据。

波形缩放、拖动可借助鼠标左键、滚轮可方便操作。

3.2.7. 参数修改

对于 CANopen 关节，参数的修改主要采用 SDO 对字典读写，在 EYouCanOpenTool 中可以在<基本参数><全部参数><自定义><数据收发>进行参数修改。

- 1) <基本参数>: 包含了厂商字典、CIA402 运动控制字典的读取显示及修改, 修改后需要点击下方的写入电机, 如果需要关节断电保存此参数, 需要点击<保存至 EEPROM>按钮。如图 3-18 所示:

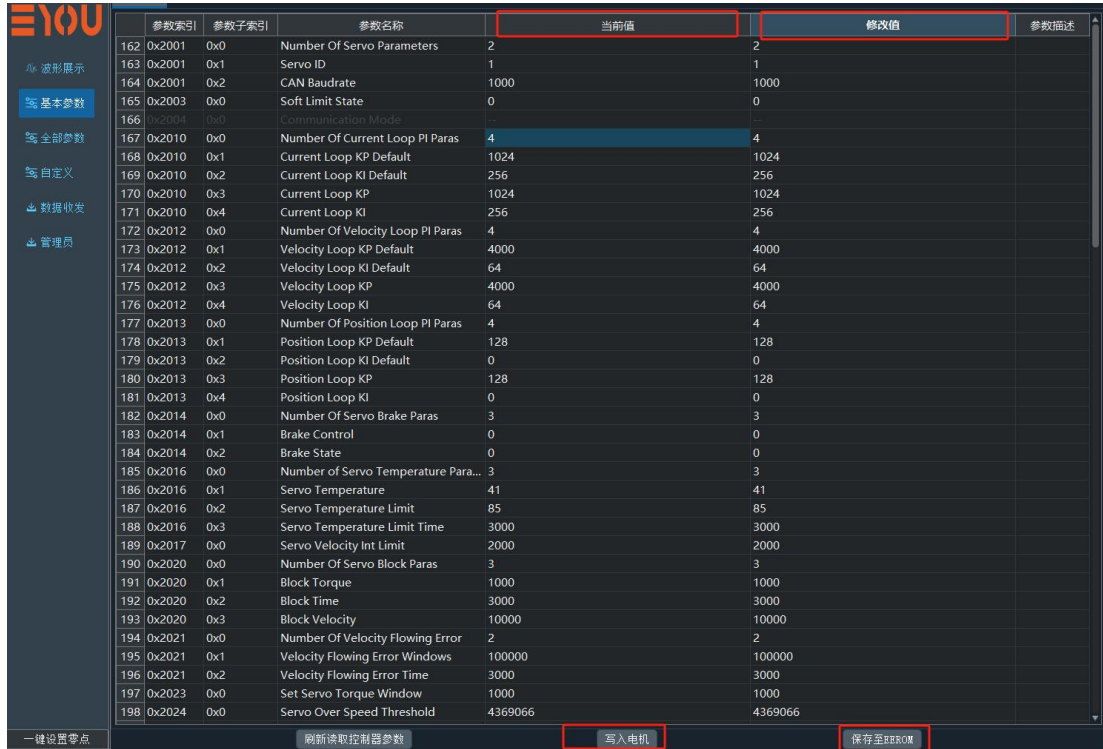


图 3-18 基本参数界面图

- 2) <全部参数>: 和<基本参数>类似, 只是多了 CIA301 通信架构相关的字典。
- 3) <自定义>: 可在<基本参数>和<全部参数>中选中条目右键添加到<自定义>中, 方便常用参数查看修改, 并支持导出、导入、默认参数填入功能。
- 4) <SDO 读写>: 以上参数修改是通过 UI 界面的编辑框, 也可以采用<数据收发>界面下的<读写 SDO>功能进行参数修改, 如图 3-19 所示:

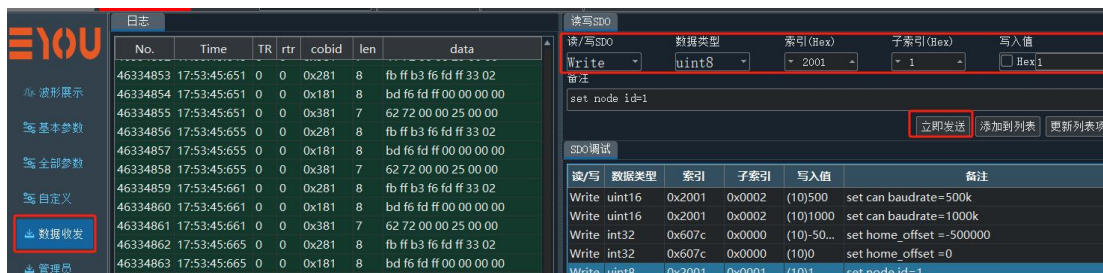


图 3-19 SDO 读写界面图

- 5) <SDO 调试>: 可以实现常用 SDO 指令表存储功能, 在<读写 SDO>功能电机<添加到列表>即将当前 SDO 指令加入到调试列表中。本功能支持导入、导出、删除、指令顺序移动、全部发送, 双击条目即可发送, 可方便快捷实现指令表功能, 如图 3-20 所示:

读写SDO

读/写SDO

数据类型

索引(Hex)

子索引(Hex)

写入值

Write

uint8

2001

1

Hex 1

备注

set node id=1

立即发送

添加到列表

更新列表项

SDO调试

读/写	数据类型	索引	子索引	写入值	备注
Write	uint16	0x2001	0x0002	(10)500	set can baudrate=500k
Write	uint16	0x2001	0x0002	(10)1000	set can baudrate=1000k
Write	int32	0x607c	0x0000	(10)-50...	set home_offset =-500000
Write	int32	0x607c	0x0000	(10)0	set home_offset =0
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)1	set node id=1
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)2	set node id=2
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)3	set node id=3
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)4	set node id=4
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)5	set node id=5
Write	uint8	0x2001	0x0001	(10)6	set node id=6
Write	int32	0x607d	0x0001	(10)-10...	set soft position limit min
Write	int32	0x607d	0x0002	(10)100...	set soft position limit max
Read	int32	0x607d	0x0001		read soft position limit min
Read	int32	0x607d	0x0002		read soft position limit max
Write	uint32	0x2003	0x0000	(16)4C4...	set soft position limit on
Write	uint32	0x2003	0x0000	(16)0	set soft position limit off

导入

导出

删除

上移

下移

全部发送

参数恢复出厂设置

保存参数

图 3-20 SDO 调试界面图

3.2.8. 通信数据

在<数据收发>界面可以看到实时各种通信数据，并且带有时间戳，可以导出 excel 及各种数据方便查看选项。如图 3-21 所示：



No.	Time	TR	rtr	cobid	len	data
47300520	18:20:54:402	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300521	18:20:54:402	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300522	18:20:54:402	0	0	0x381	7	41 72 00 00 25 00 00
47300523	18:20:54:407	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300524	18:20:54:407	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300525	18:20:54:407	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300526	18:20:54:412	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300527	18:20:54:412	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300528	18:20:54:412	0	0	0x381	7	41 72 00 00 25 00 00
47300529	18:20:54:417	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300530	18:20:54:418	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300531	18:20:54:418	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300532	18:20:54:422	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300533	18:20:54:422	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300534	18:20:54:422	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300535	18:20:54:427	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300536	18:20:54:427	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300537	18:20:54:427	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300538	18:20:54:432	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300539	18:20:54:432	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300540	18:20:54:432	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300541	18:20:54:438	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300542	18:20:54:438	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300543	18:20:54:438	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300544	18:20:54:442	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300545	18:20:54:442	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff c2 ff ff ff
47300546	18:20:54:443	0	0	0x381	7	62 72 00 00 25 00 00
47300547	18:20:54:448	0	0	0x281	8	fb ff b3 f6 fd ff 33 02
47300548	18:20:54:448	0	0	0x181	8	bd f6 fd ff 00 00 00 00
47300549	18:20:54:448	0	0	0x381	7	41 72 00 00 25 00 00

图 3-21 通讯数据界面图

3.2.9. 上位机总结

通过以上操作可以对我司 EYCanOpenTool 软件和 CANopen 系列关节基本的使用有了一个基本的了解，更多应用资料可参照应用手册和其他应用开发章节。

4. 驱动器协议及使用说明

电机通信为 CAN 2.0 通信接口，波特率 1Mbps，采用标准帧格式，采用 CANOpen 标准 CIA301 协议与 CIA402 电机运动控制标准协议。

4.1. 运行模式

使用运行模式对象 (0x6060) 来设置所需的运行模式，使用运行模式显示对象 (0x6061) 读取当前的运行模式。不同模式如表 4-1 所示。

关于运行模式切换，目前支持在使能静止状态下切换运行模式。从其他运行模式切换至位置模式 (PP、CSP) 之前，需将实际位置 0x6064 的值 赋予目标位置 0x607A。

表 4-1 控制字表

Mode	Abbr.	0x6060/6061	Characteristics
轮廓位置模式 Profile Position Mode	PP	1	主站规划轮廓，驱动器本地执行 Master plans the profile, drive executes locally.
轮廓速度模式 Profile Velocity Mode	PV	3	主站设定速度轮廓 Master sets the velocity profile.
轮廓转矩模式 Profile Torque Mode	PT	4	主站设定转矩轮廓 Master sets the torque profile.
循环同步位置模式 Cyclic Synchronous Position Mode	CSP	8	主站周期发送位置指令，同步性最高 Master cyclically sends position commands; highest synchronization.
循环同步速度模式 Cyclic Synchronous Velocity Mode	CSV	9	主站周期发送速度指令 Master cyclically sends velocity commands.
循环同步转矩模式 Cyclic Synchronous Torque Mode	CST	10	主站周期发送转矩指令 Master cyclically sends torque commands.
MIT混合力矩模式 Mixed Integrated Torque Mode	MIT	11	主站周期发送MIT转矩指令 Master cyclically sends MIT torque commands.

4.2. 控制字与状态字

4.2.1. 控制字

控制字是一个 16 位的整数，其标准对象字典索引为 0x6040。控制字的核心作用是控制驱动器的状态机转换。驱动器的运行遵循一个明确的状态机（例如 DS402 规范中定义的状态机），主站需要通过发送特定的控制字序列来引导驱动器从一个状态切换到另一个状态。控制字如表 4-2 所示。

表 4-2 控制字表

Bit	Name	Description
0	伺服使能 Servo enabled	1-有效, 0-无效 1 - Valid, 0 - Invalid
1	接通主回路电 Main circuit powered on	1-有效, 0-无效 1 - Valid, 0 - Invalid
2	快速停机 Quick stop	0-有效, 1-无效 0 - Valid, 1 - Invalid
3	伺服运行 Servo operation	1-有效, 0-无效 1 - Valid, 0 - Invalid
4~6	特定运行模式 Operation mode specific	与各伺服运行模式相关 Mode dependent
7	故障复位 Fault reset	Bit7: 上升沿有效 Active on rising edge
8	停止 Halt	0: 默认值 (Default value 0) 1: 使用停止选项代码(0x605D)停止移动 (Stop movement using halt option code 0x605D)
9	特定运行模式 Operation mode specific	与各伺服运行模式相关 Related to each servo operation mode
10	保留 Reserved	未定义 Undefined

11~15	厂家自定义 Manufacturer specific	厂家设定 Defined by manufacturer
-------	--------------------------------	---------------------------------

4.2.2. 状态字

控制字如表 4-3 所示。

表 4-3 状态字表

Bits	Name	Description
0	准备打开伺服使能 Ready to switch on	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
1	伺服使能 Switched on	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
2	伺服运行 Operation enabled	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
3	故障 Fault	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
4	接通主回路电 Voltage enabled	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
5	快速停机 Quick stop	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
6	伺服无故障 Switch on disabled	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
7	警告 Warning	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
8	厂家自定义 Manufacturer-specific	零速度状态 Zero speed state
9	远程控制 Remote	1-有效（默认），0-无效 1-valid(Defaulted), 0-invalid

10	目标到达 Target reach	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
11	软件内部位置超限 Internal limit active	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
12	特定的运行模式 Operation mode specific	与各伺服运行模式相关 Related to each servo operation mode
13	跟随错误 Follow the wrong path	1-有效, 0-无效 1-valid, 0-invalid
14~15	厂家自定义 Manufacturer-specific	未定义 No define

4.3. 轮廓操作模式

轮廓操作模式是一组基于“目标点”的运动控制模式。与循环同步模式需要实时发送设定值不同, 在该类模式下, 主站控制器通过对象字典设定目标位置、目标速度或目标转矩, 以及相关的轮廓参数 (如加速度、减速度等), 然后通过控制字触发运动。驱动器在接收到触发信号后, 将自动、独立地完成整个点到点的运动轮廓。这种模式降低了对通信实时性的要求, 简化了上位机的控制逻辑。

4.3.1. 轮廓位置模式(PP)

该模式下, 主站控制器设定目标位置与轮廓参数, 而驱动器则自主规划并执行完整的点到点运动轨迹, 无需控制器进行实时插补。

基本操作步骤: 设定模式为 1 (0x6060=1), 轮廓位置模式;

- ① 设置目标位置 (0x607A)、轮廓速度 (0x6081)、轮廓加速度 (0x6083)、轮廓减速度 (0x6084);
- ② 设置控制命令 0x6040 (0x06-0x07-0x0F), 伺服进入使能状态;
- ③ 设置控制指令 0x6040 (Bit4 从 0 到 1), 命令触发, 由于控制命令触发为上升沿触发, 因此必须将控制字 bit4 值切换为 off 再切至 on, 伺服才会再次运动。

4.3.2. 轮廓速度模式(PV)

该模式下，主站控制器设定目标速度与加减速参数，模组则根据这些参数内部规划并生成平滑的速度变化曲线。

基本操作步骤：设定模式为 3（0x6060=3），轮廓速度模式；

- ① 设置轮廓加速度（0x6083）、轮廓减速度（0x6084）、目标速度（0x60FF）；
- ② 设置控制命令 0x6040（0x06-0x07-0x0F），伺服进入使能状态。

4.3.3. 轮廓转矩模式(PT)

该模式下，主站控制器设定目标转矩，模组将维持该转矩输出直至收到新指令。此模式通常需要设置速度限制作为安全保护。

基本操作步骤：

- ① 设定模式为 4（0x6060=4），轮廓转矩模式；
- ② 设置目标扭矩（0x6071）；
- ③ 设置控制命令 0x6040（0x06-0x07-0x0F），伺服进入使能状态。

4.4. 循环同步操作模式

循环同步操作模式是高性能伺服驱动器中用于实现精确同步运动控制的一组高级模式。这些模式严格依赖于网络通信系统的同步时钟（由周期性的同步报文，如 CANopen 中的 SYNC 或 EtherCAT 中的 SYNC 信号，来维持）。所有参与同步网络的设备共享一个统一的时间基准，使得控制周期在驱动器间精确对齐，从而实现多轴之间严格的相位同步和低抖动控制。

4.4.1. 循环同步位置模式(CSP)

在此模式下，主站控制器承担轨迹规划功能，并于每个 EtherCAT/CAN 通信周期将目标位置指令发送至关节模组；关节则根据接收到的指令，在内部完成位置、速度与转矩的三闭环控制。

基本操作步骤：

- ① 设定模式为 8（0x6060=8），循环同步位置模式；

- ② 读取实际位置 0x6064，设置目标位置 0x607A 等于当前实际位置值；
- ③ 设置控制命令 0x6040（0x06-0x07-0x0F），伺服进入使能状态；
- ④ 主站控制器将规划好的目标位置点通过 0x607A 这个对象字典周期性地发送给关节模组。

4.4.2. 循环同步速度模式(CSV)

在此模式下，主站控制器负责进行速度轨迹规划，并周期性地发送目标速度指令；关节模组则接收指令，并执行内部的速度环与转矩环控制。此外，还可通过速度前馈和转矩前馈来优化动态控制效果。需要注意的是，轮廓加速度与轮廓减速度参数仅在停止或快速停止功能被激活时才会起作用。

基本操作步骤：

- ① 设定模式为 9（0x6060=9），循环同步速度模式；
- ② 设置控制命令 0x6040（0x06-0x07-0x0F），伺服进入使能状态；
- ③ 设置目标速度 0x60FF。

4.4.3. 循环同步转矩模式(CST)

在此模式下，主站控制器负责生成目标转矩指令，而伺服驱动器则接收并执行该指令。主站在每个通信周期发送的 PDO 报文中，包含目标转矩和控制字。转矩偏移值可作为前馈量输入，以提升系统动态响应。

基本操作步骤：

- ① 设定模式为 10（0x6060=10），循环同步转矩模式；
- ② 设定目标扭矩，0x6071=0。由于扭矩模式下，一旦使能，伺服目标扭矩即作用，因此先设定为 0，以确保安全；
- ③ 设置控制命令 0x6040（0x06-0x07-0x0F），伺服进入使能状态；
- ④ 设置目标扭矩 0x6071。

4.5. 设置零点

设置零点对象字典，如表 4-4 所示：0x2262 子索引：0x00

表 4-4 设置零点对象字典表

Data Type	Default data	Max data	Min data	Unit	Access	Backup	Update	PDO mapping
INT	0x00	0x01	0x00	-	RW	YES	immediately	Rx/Tx
说明：选择机械原点的寻找方式，上位机下发 0x01 即可将当前位置设置为零点								

4.6. 设置 ID

设置 ID 对象字典，如表 4-5 所示：0x204C 子索引：0x00

表 4-5 设置 ID 对象字典表

Data Type	Default data	Max data	Min data	Unit	Access	Backup	Update	PDO mapping
UINT	0x0	0xFFFF	0x1	-	RW	YES	immediately	Rx/Tx
说明：在多轴总线网络中，用于区分不同驱动器的唯一标识。								

4.7. 保存参数

保存参数对象字典，如表 4-6 所示：0x1010 子索引：0x01

表 4-6 保存参数对象字典表

Data Type	Default data	Max data	Min data	Unit	Access	Backup	Update	PDO mapping
UDINT	0x00000000	0xFFFFFFFF	0x00000000	-	RW	YES	Immediately	NO
说明：此对象用于将参数保存到非易失性内存中。写入值：0x65766173("save"指令)时保存生效，写入其他值无效（返回值为 0）。 注意：保存过程中请勿断电，否则将会导致保存失败甚至参数丢失。								

5. Canopen 通信协议类型说明

5.1. 对象字典（OD）

对象字典（Object Dictionary, OD）是 CANopen 协议的核心概念，它定义了设备中所有可访问数据的结构化集合。每个 CANopen 设备都必须包含一个对象字典，它充当了设备功能参数与外部网络通信之间的桥梁，是设备自我描述和自我配置的基础。

对象字典是一个有序的对象组，每个对象采用一个 16 位的索引（Index）进行寻址，索引范围从 0x0000 到 0xFFFF。为了进一步访问索引对象内的单个元素，每个索引下还可定义一个 8 位的子索引（Sub-index）。

可以将对象字典想象为一本有多章节（索引）的书，每个章节下可能有多个小节（子索引）。这种结构使得我们可以精确地访问设备中的任何一个参数，无论是简单的布尔变量还是复杂的数组成员。对象字典中的每个条目都通过特定的属性来描述，包括对象名称、数据类型（如 UNSIGNED32、VISIBLE_STRING 等）、访问属性（只读、只写、可读可写）以及是强制性的（Mandatory）还是可选的（Optional）。

为了便于设备之间的互操作性，对象字典的内容通常由电子数据表（EDS）文件或设备配置文件（DCF）来定义。EDS 文件是设备对象字典的模板，由设备制造商提供；而 DCF 则是针对特定应用实例配置后的文件，包含了具体的参数值。

不同数据类型索引分区配置表如表 5-1 所示：

表 5-1 CANopen 对象字典索引分区定义表

Index Range	Description
0000h	Reserved
0001h~ 025Fh	数据类型
0260h ~ 0FFFh	Reserved
1000h~1FFFh	通讯对象子协议区
2000h ~5FFFh	制造商特定子协议区
6000h ~9FFFh	标准化设备子协议区
A000h~AFFFh	网络变量（符合 IEC61131-3）

B000h ~ BFFFh	用于路由网关的系统变量
C000h ~ FFFFh	Reserved

5.2. NMT 状态机与网络管理

5.2.1. NMT 状态机

网络管理（NMT）是 CANopen 协议中用于监控和控制网络节点状态的机制。它基于主从（Master/Slave）模型，由 NMT 主站负责管理网络中的一个或多个 NMT 从站。每个 CANopen 设备内部都有一个 NMT 状态机，它定义了设备的四种基本运行状态。如图 5-1 所示：

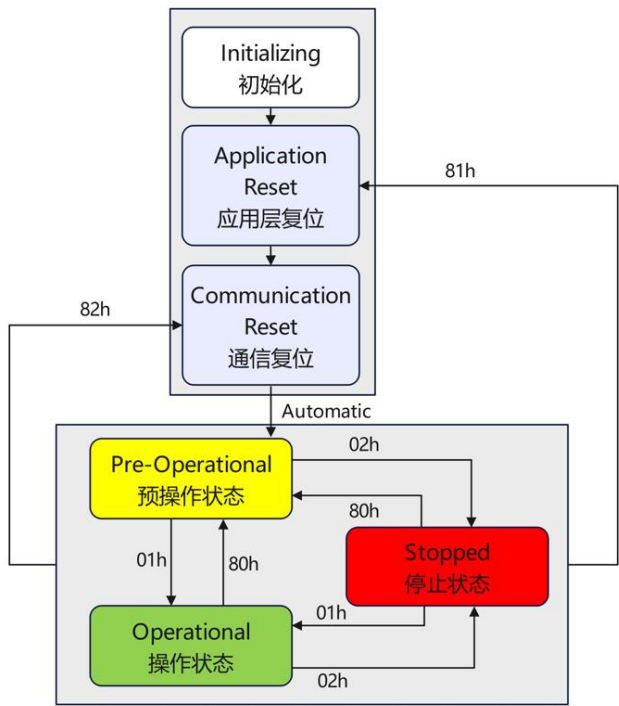


图 5-1 NMT 状态机图

NMT 状态机决定通信状态所能使用的通信对象，具体如表 5-2 所示：

表 5-2 NMT 状态与通信对象表

State	Description	Allowed Communication Objects
Initialization	设备上电或复位后的自检和初始化状态。	Boot-UP

Pre-Operational	设备已就绪，可以进行配置，但不能进行过程数据（PDO）的实时传输。	SDO、SYNC、EMCY、NMT
Operational	设备完全运行状态，允许所有通信。	PDO、SDO、SYNC、EMCY、NMT
Stopped	设备应用功能被暂停，但基本的网络管理通信仍可能进行。	NMT

5.2.2. NMT 模块控制报文

NMT 模块控制报文的 COB-ID 为 0x000，其数据报文长度始终为 2 个字节，其具体格式如表 5-3 所示：

表 5-3 NMT 模块控制报文格式表

NMT 模块控制报文格式		
COB-ID	Data	
	Byte0	Byte1
0x000	CMD	Node ID

表 5-4 NMT 命令表

Command (CMD)	Description
0x01	命令节点变更为“operational”
0x02	命令节点变更为“stopped”
0x80	命令节点变更为“pre-operational ”
0x81	相当于硬件复位，节点参数恢复为功率上电默认值
0x82	复位节点的通信参数，重新初始化 CANopen 协议栈

5.2.3. NMT 节点监控报文

NMT 节点监控报文的 COB-ID 为 0x700+Node ID，其数据报文长度始终为 1 个字节，其具体格式如表 5-5 所示：

表 5-5 NMT 节点监控报文格式表

NMT 节点监控报文格式	
COB-ID	Data
	Byte0
0x700+ Node ID	00

表 5-6 NMT 状态码表

Status Code	Description
0x00	初始化状态
0x04	停止状态
0x05	操作状态
0x7F	预操作状态

5.3. 服务数据对象（SDO）

服务数据对象（SDO）是 CANopen 协议中用于主从设备间进行可靠、点对点参数配置和数据传输的通信机制。其主要目的是访问 CANopen 节点的对象字典（Object Dictionary），从而实现对节点参数的读取、写入和控制。

SDO 最大可发送 4 个字节数据，当数据长度超过 4 个字节时就拆分成多个报文来传输，这种模式称为分段传输，而 4 字节及以下的传输称为加速传输。SDO 报文的标准长度为 8 个字节，其通用格式如表 5-7 所示：

表 5-7 SDO 数据报文说明表

Byte	Definition	Description
Byte0	命令码	决定 SDO 的类型和行为
Byte1- Byte2	索引	对象字典的 16 位索引
Byte3	子索引	对象字典的 8 位子索引
Byte4- Byte7	数	传输的数据或控制信息

5.3.1. 写入 SDO 数据

当主站需要向从站节点写入参数时，必须严格遵循 SDO 协议帧格式构建请求报文。该报文应依次包含以下关键字段：命令说明符（用于指示写入操作和传输模式）、目标索引

与子索引（用于定位对象字典中的具体条目），以及待写入的数据如表 5-8 所示：

表 5-8 写 SDO 报文格式表

Operation	COB-ID	Data							
		Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
Master Write	0x600+ Node ID	23h	Index		Sub-I ndex	Data			
		27h				Data			-
		2Bh				Data		-	-
		2Fh				Data	-	-	-
Slave Normal Response	0x580+ Node ID	60h	Index		Sub-I ndex	-	-	-	-
Slave Error Response		80h				Abort codes			

注：返回 0x80 时，表示 SDO 操作失败，Abort codes 详情参考下面 SDO 中止码。

例子：以伺服 ID=1 为例

表 5-9 写 SDO 示例表

Operation	COB-ID	Message Data (Hex)
设置运行模式为轮廓位置模式 (0x6060 写入 1)	601	2F 60 60 00 01 00 00 00
	581	60 60 60 00 00 00 00 00
控制字设置为 6 (0x6040 写入 6)	601	2B 40 60 00 06 00 00 00
	581	60 40 60 00 00 00 00 00

5.3.2. 读取 SDO 数据

当主站需要读取关节模组的参数时，必须首先构建一个 SDO 读取请求帧。该请求帧需包含指定的指令码（标识读取操作）、目标对象的索引与子索引。关节在接收到该请求后，将访问其内部对象字典，并将指定对象的数据通过一条 SDO 上传响应帧返回给主站。

表 5-10 读 SDO 报文格式表

Operation	COB-ID	Data							
		Byte0	Byte1	Byte2	Byte3	Byte4	Byte5	Byte6	Byte7
Master Read	0x600+ Node ID	40h	Index		Sub-Index	-	-	-	-
Slave Normal Response	0x580+ Node ID	43h	Index		Sub-Index	Data			
		47h				Data			-
		4Bh				Data		-	-
		4Fh				Data	-	-	-
Slave Error Response		80h				Abort codes			

注：返回 0x80 时，表示 SDO 操作失败，Abort codes 详情参考下面 SDO 中止码。

例子：以伺服 ID=1 为例

表 5-11 读 SDO 示例表

Operation	COB-ID	Message Data (Hex)
读取当前运行模式 (读取 0x6061 地址数据)	601	40 61 60 00 00 00 00 00
	581	4F 61 60 00 01 00 00 00
读取状态字反馈 (读取 0x6041 地址数据)	601	40 41 60 00 00 00 00 00
	581	4B 41 60 00 31 01 00 00

5.4. 过程数据对象（PDO）

过程数据对象（PDO）是 CANopen 协议中实现高效率、实时数据传输的关键机制，其通信方向以从站设备为视角进行定义：发送 PDO（TxPDO）指关节模组向主站发送数据（如状态信息），接收 PDO（RxPDO）指模组从主站接收数据（如控制指令）。使用 PDO 前需配置其通信参数与映射参数，本系列模组支持 4 个 RxPDO 和 4 个 TxPDO，每个 PDO 最多可映射 8 字节数据，以满足实时控制需求。

表 5-12 PDO 通信与映射对象表

PDOs	Communication Object	Communication Object Index	Mapping Object Index	COB-ID
RxPDOs	RxPDO1	0x1400	0x1600	0x200+Node_ID
	RxPDO2	0x1401	0x1601	0x300+Node_ID
	RxPDO3	0x1402	0x1602	0x400+Node_ID
	RxPDO4	0x1403	0x1603	0x500+Node_ID
TxPDOs	TxPDO1	0x1800	0x1A00	0x180+Node_ID
	TxPDO2	0x1801	0x1A01	0x280+Node_ID
	TxPDO3	0x1802	0x1A02	0x380+Node_ID
	TxPDO4	0x1803	0x1A03	0x480+Node_ID

表 5-13 PDO 映射参数格式表

Bit0-Bit7	Bit8-Bit15	Bit17-Bit31
对象数据长度	对象子索引	对象索引

表 5-14 PDO 数据报文格式表

Communication Object	COB-ID	Number of Bytes	Data
RxPDO1	0x200+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
RxPDO2	0x300+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
RxPDO3	0x400+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
RxPDO4	0x500+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
TxPDO1	0x180+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
TxPDO2	0x280+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
TxPDO3	0x380+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes
TxPDO4	0x480+Node_ID	Up to 8 bytes	Up to 8 bytes

5.4.1. PDO 传输类型

PDO 的传输行为（如何及何时发送/接收）由其传输类型参数精确控制。该参数在对象字典中的定义如下：**TxPDO**：在索引 0x1800 至 0x1803（分别对应 TxPDO1 至 TxPDO4）

的子索引 0x02 中设置。**RxPDO:** 在索引 0x1400 至 0x1403(分别对应 RxPDO1 至 RxPDO4) 的子索引 0x02 中设置。传输类型的值决定了 PDO 的触发机制，具体分类如下：

表 5-15 TXPDO 传输类型表

传输类型值（十进制）	传输机制与描述
0	同步非周期: 该 PDO 可通过远程帧或设备子协议中定义的事件（如设备启动）来触发传输。
1~240	同步周期: PDO 将在每接收到 N 个同步（SYNC）报文后传输一次。例如，设置为 1 时，每收到一个 SYNC 帧发送一次；设置为 5 时，每收到 5 个 SYNC 帧发送一次。数值越小，实时性越高。
254	异步，设备协议事件驱动: 当在设备子协议中预定义的特定事件（如错误状态改变、特定状态达到）发生时触发传输。
255	异步，生产商特定事件驱动: 传输由设备生产商定义的内部事件（如定时器超时、输入信号变化等）触发。

表 5-16 RXPDO 传输类型表

传输类型值（十进制）	传输机制与描述
255	异步（由设备特定事件触发）: 该 PDO 可通过远程帧或设备子协议中定义的事件（如设备启动）来触发传输。
0~240	同步周期: PDO 将在每接收到 N 个同步（SYNC）报文后传输一次。例如，设置为 1 时，每收到一个 SYNC 帧发送一次；设置为 5 时，每收到 5 个 SYNC 帧发送一次。数值越小，实时性越高。

5.4.2. PDO 配置参数与配置流程

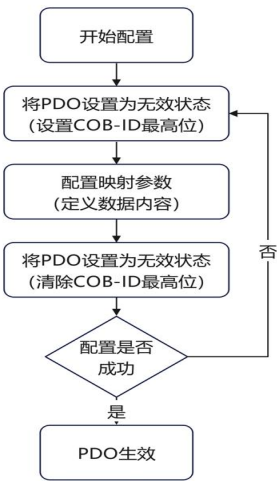


图 5-2 PDO 配置流程图

例 1：以伺服 ID=1 为例，将控制字（6040）映射到 RXPDO1

表 5-17 RXPDO1 映射控制字表

Step	COB-ID	Message Data (Hex)
禁用 RxPDO1	601	23 00 14 01 01 02 00 80
	581	60 00 14 01 00 00 00 00
设置传输类型	601	2F 00 14 02 01 00 00 00
	581	60 00 14 02 00 00 00 00
清除原有映射	601	2F 00 16 00 00 00 00 00
	581	60 00 16 00 00 00 00 00
映射控制字（6040）	601	23 00 16 01 10 00 40 60
	581	60 00 16 01 00 00 00 00
写映射对象个数（1）	601	2F 00 16 00 02 00 00 00
	581	60 00 16 00 00 00 00 00
启用 RxPDO1	601	23 00 14 01 01 02 00 00
	581	60 00 14 01 01 00 00 00

例 2：以伺服 ID=1 为例，将状态字（6041）映射到 TXPDO1

表 5-18 TXPDO1 映射状态字表

Step	COB-ID	Message Data (Hex)
禁用 TxPDO1	601	23 00 18 01 81 01 00 80
	581	60 00 18 01 00 00 00 00
设置传输类型	601	2F 00 18 02 01 00 00 00
	581	60 00 18 02 00 00 00 00
清除原有映射	601	2F 00 1A 00 00 00 00 00
	581	60 00 1A 00 00 00 00 00
映射状态字（6041）	601	23 00 1A 01 10 00 41 60
	581	60 00 1A 01 00 00 00 00
写映射对象个数（1）	601	2F 00 1A 00 02 00 00 00
	581	60 00 1A 00 00 00 00 00
启用 TXPDO1	601	23 00 18 01 81 01 00 00
	581	60 00 18 01 00 00 00 00

5.5. 同步对象（SYNC）

SYNC 对象是 CANopen 协议中用于实现网络节点时间同步的广播通信对象。它由网络中的 SYNC 生产者（通常是 NMT 主站）周期性地发送，而其他作为 SYNC 消费者的从站节点在接收到该报文后，同步执行预定的周期性任务，如同步采样输入、更新输出或触发 PDO 的发送。

SYNC 循环周期：主站连续发送两次 SYNC 报文之间的时间间隔。它决定了整个系统同步的基本时间粒度。

同步窗口长度：在 SYNC 报文发出后，为所有 SYNC 从站预留出的用于完成同步操作的最大时间窗口。从站必须在此时间窗口内完成所有同步相关的任务。

可以通过以下字典：1006h（循环同步周期）、1007（同步窗口时间）、1005h（同步对象）进行配置。

表 5-19 SYNC 配置报文表

Operation	COB-ID	Message Data (Hex)
-----------	--------	--------------------

配置 SYNC COB-ID	601	23 05 10 01 80 00 00 00
	581	60 05 10 01 00 00 00 00
配置循环同步周期为 1000 us (Index 0x1006)	601	23 06 10 00 E8 03 00 00
	581	60 06 10 00 00 00 00 00
配置同步窗口时间 300 us (Index 0x1007)	601	23 07 10 01 2C 01 00 00
	581	60 07 10 01 00 00 00 00

表 5-20 SYNC 报文格式表（无数据）

COB-ID	Data
0x80	0

5.6. 紧急对象（EMCY）

紧急报文是 CANopen 节点在检测到内部致命错误时，异步主动发送的一种告警报文。其目的在于将设备的故障状态及时、快速地通知网络中的其他设备（如主站），以便系统采取相应措施。

表 5-21 紧急报文格式表

COB-ID	Data			
	Byte0~Byte1	Byte2	Byte3	Byte4~Byte7
0x80 + Node ID	紧急错误代码	错误寄存器	-	-

5.7. 网络守护（心跳与节点保护）

心跳与节点保护比较与选择如表 5-22 所示：

表 5-22 比较表

特性	心跳协议	节点保护协议
通信模型 Model	生产者/消费者（广播/点对点）	主从式（请求-响应）
网络负载	相对较低（节点周期性发送，与节点数成正比）	相对较高（主站需轮询每个节点）

实现复杂度	从站实现简单，只需定时发送	主站逻辑复杂，需管理所有从站的轮询
实时性	故障检测时间 $\leq$ 心跳生产时间	故障检测时间 $\leq$ 守护时间
推荐场景	现代 CANopen 系统的 首选 ，尤其适用于从站数量多或主站也需要被监控的场景	传统应用，或需要与旧版本设备兼容时

5.7.1. 心跳保护机制

心跳保护机制基于生产者-消费者模型。在此机制中，心跳生产者会周期性地向网络发送心跳报文，而心跳消费者负责监听这些报文。心跳生产者可以是上位机（NMT 主站）或关节模组（从站），相应地，消费者也可以是上位机或关节模组。如图 5-3 所示：

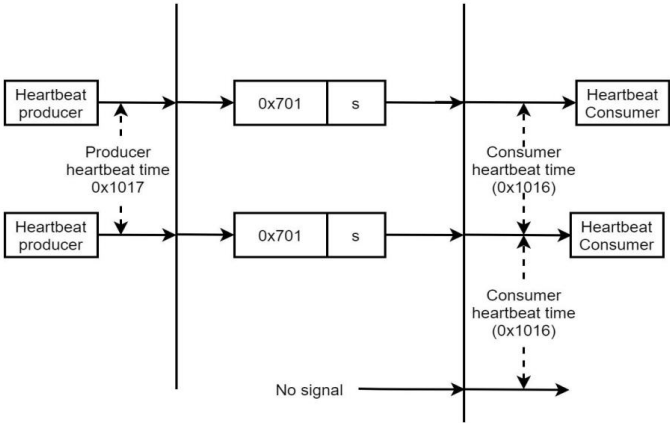


图 5-3 心跳保护机制模型图

心跳保护配置流程如下：

表 5-23 心跳保护配置流程表

步骤 Step	配置对象 Target	参数索引 Parameter Index	说明 Description
1	关节模组（消费者）	0x1016	设定消费者心跳时间，需大于上位机的生产者心跳时间并包含容差
2	上位机/主站（生产者）	0x1017	上位机自行设定其心跳发送周期
3	-	-	上位机开始发送心跳报文，机制生效

完成关节的消费者配置后，只需上位机开始周期性发送心跳报文，即可激活心跳保护机制。

表 5-24 心跳报文格式表

COB-ID	Data	State
0x700 + Node ID	0	Boot-up
	4	Stopped
	5	Operational
	127	Pre-Operational

5.7.2. 节点保护机制

节点保护是一种基于主从式双向问答的通信监护机制。它与心跳协议不同，并非单向广播，而是由 NMT 主站主动发起，与每个从站建立一对一的监护对话。此机制确保主站能监控从站状态，同时从站也能确认主站存活，实现了双向的通信健康检查。如图 5-4 所示：

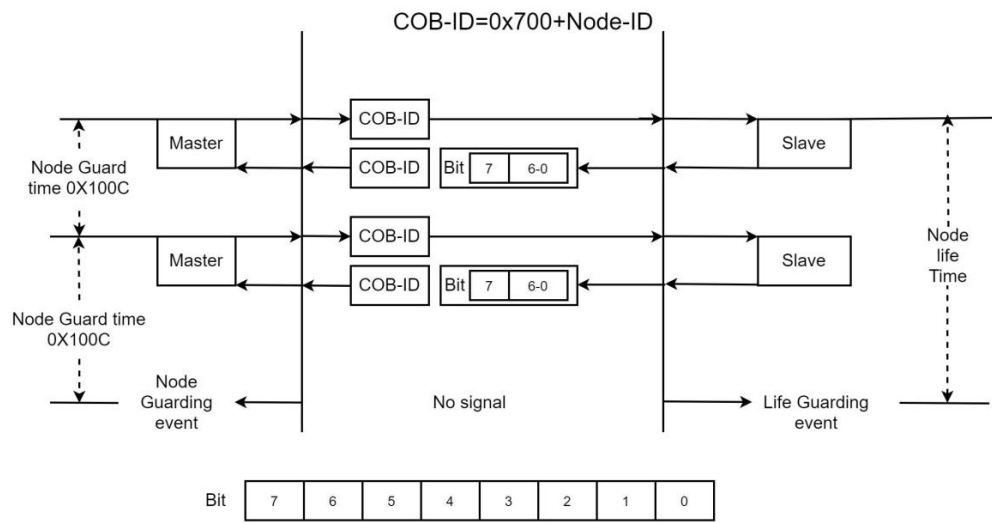


图 5-4 节点保护机制模型图

节点保护配置流程如表 5-25 所示：

表 5-25 节点保护配置流程表

步骤 Step	配置对象 Target	参数索引 Parameter Index	说明 Description
1	主站配置	0x100C（Sub-index 0x04）	通过 SDO 写入，设置节点的 Guard Time

2	从站配置（关节）	0x100D	模组内部设定 Life Time Factor
3	运行与错误检测	-	①正常：主站发送请求，模组立即回应； ②从站故障：若从站在 Guard Time 内未回复主站，则判定失败； ③主站故障：若主站停止发送请求，模组在持续 Life Time（Guard Time*Life Time Factor）内未收到请求后，判定主站通信失败，并触发预定义的错误行为（如进入安全状态）。

6. MIT 通信协议类型说明

6.1. MIT 介绍

MIT 控制模式（全称 **Mixed Integrated Torque**，混合集成扭矩模式）是一种用于机器人、电机的多自由度混合伺服控制，核心是在单条指令中同时叠加**位置环、速度环、前馈扭矩**，直接输出目标电流、力矩，实现柔性、高动态、多目标协同控制。

6.2. MIT 控制框图

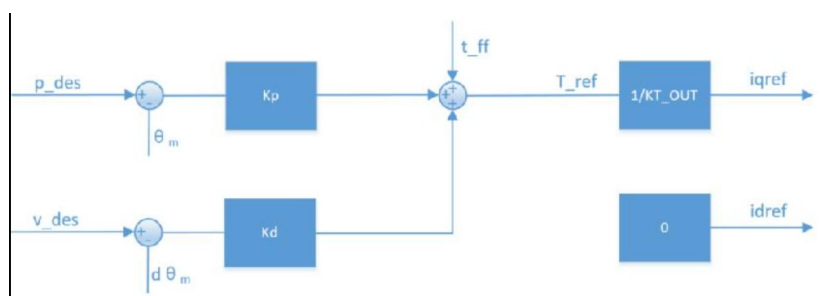


图 6-1 控制图

6.3. MIT 核心公式

$$i_{ref} = K_p \cdot (p_{des} - p_{act}) + K_d \cdot (v_{des} - v_{act}) + i_{ff}$$

其中：

- 1) p_{des} , p_{act} : 期望 / 实际位置
- 2) v_{des} , v_{act} : 期望 / 实际速度
- 3) K_p , K_d : 位置、速度增益
- 4) i_{ff} : 前馈电流（直接力矩指令）
- 5) i_{ref} : 总参考电流（送入电流环）

6.4. MIT 控制协议

基本控制参数：

0x2130:00h-MIT 模式控制参数 1（Mit ctrl CMD 1）

0x2131:00h-MIT 模式控制参数 2（Mit ctrl CMD 2）

表 6-1 MIT 控制协议表

Data Type	Default data	Max data	Min data	Unit	Access	Backup	Update	PDO mapping
UDINT	0x00000000	0xFFFFFFFF	0x00000000	-	RW	YES	Immediately	Rx/Tx
Bit number			Value		Meaning			
Bit51~48 Bit63~56			x		MIT Target Torque (Big-Endian)			
Bit47~40 Bit55~52			x		MIT Kd (Big-Endian)			
Bit27~24 Bit39~32			x		MIT Kp (Big-Endian)			
Bit23~16 Bit28~31			x		MIT Target Speed (Big-Endian)			
Bit15~0			x		MIT Target Position (Big-Endian)			
说明：定义MIT模式控制参数，2130占用低32位，2131占用高32位.								

0x2132:00h-MIT 模式回复参数 1 (Mit ctrl Reply 1)

0x2133:00h-MIT 模式回复参数 2 (Mit ctrl Reply 2)

表 6-2 MIT 控制协议表

Data Type	Default data	Max data	Min data	Unit	Access	Backup	Update	PDO mapping
UDINT	0x00000000	0xFFFFFFFF	0x00000000	-	RW	YES	Immediately	Rx/Tx
Bit number			Value		Meaning			
Bit63~48			0		Reserve			
Bit35~32 Bit47~40			x		MIT Torque Feedback (Big-Endian)			
Bit31~24 Bit39~36			x		MIT Speed Feedback (Big-Endian)			
Bit23~8			x		MIT Position Feedback(Big-Endian)			
Bit8~0			0		Reserve			
说明：定义MIT模式回复参数，2130占用低32位，2131占用高32位.								

7. 维护与保养

7.1. 日常检查项目

日常检查旨在通过感官和简单工具发现潜在问题，防患于未然。

表 7-1 日常检查项目

检查项目	方法	正常	异常
异响与振动检查	在空载和负载低速运行状态下，仔细听运行声音	平稳、均匀的齿轮啮合声	尖锐的嘎吱声、周期性的撞击声、不规则的咔哒声或异常振动。这通常是润滑不良、齿轮磨损或轴承损坏的早期迹象
温升检查	运行停止后（或在安全条件下通过红外测温枪），触摸或测量模组外壳温度	温升在合理范围内（通常外壳温度不超过环境温度+60℃）	局部或整体过热、烫手。表明可能存在过载、润滑不足或装配不当等问题
泄漏检查	目视检查减速器密封处（输出壳体外圈）是否有油渍或油脂渗出	完全干燥，无任何油渍	有明显的油脂泄漏。表明密封圈可能老化或损坏，需要关注
外观与清洁检查	检查模组表面是否有磕碰、划伤、锈蚀，并清除表面的灰尘、油污、切削液等污染物	外观干净	外观有异常锈蚀或污染物
运行性能	观察运行是否平稳，有无卡顿、抖动或定位精度下降现象	运行正常	任何性能下降都可能是内部故障的前兆

7.2. 定期维护

定期维护是计划性的、更深入的保养工作，需根据运行时间或使用周期严格执行。

表 7-2 日常检查项目

维护项目	周期	内容与步骤
紧固件检查	每月或每运行 500 小时	检查并重新紧固模组与机器人结构之间的安装螺栓、电机连接螺栓等所有紧固件,以及定位销钉等。

7.3. 存储条件与期限

1) 存储环境:

- ① 温度与湿度: 应存储在干燥、无冷凝的环境中。理想温度为 $5^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$, 相对湿度应低于 70%。
- ② 环境: 远离腐蚀性化学品、酸、碱及盐分。防止灰尘和金属粉末侵入。
- ③ 振动: 存放地点应无强烈振动或冲击。

2) 存储姿态: 以正常工作姿态放置于货架或垫板上, 避免不必要的受力。

3) 防护措施:

- ① 所有外露加工面(如法兰面、轴端)应涂抹防锈油(如薄层凡士林或专用防锈剂)。
- ② 用防锈纸、塑料罩或防护帽覆盖接口和开口, 防止灰尘和湿气进入。
- ③ 对于全新未使用模组: 内部已注有适量润滑脂, 无需特殊处理。但长期存储需定期运行(建议每 3-6 个月空载运行), 使润滑脂均匀分布, 防止轴承和齿轮工作表面锈蚀。

4) 存储期限: 通常不超过 1 年, 如果超过 1 年, 在使用前, 必须进行全面的检查, 特别是密封件是否老化。

7.4. 维修与更换建议

维修注意事项

- ① 不可维修性: 行星减速器(太阳轮, 行星轮, 齿圈等)是高度精密的部件。 严禁用户或现场工程师自行拆解维修, 任何非授权的拆装都可能导致永久性损坏和精度完全丧失;
- ② 故障判断: 如果日常和定期维护中发现严重异常(如持续异响、严重过热、巨大背

隙、卡死），应立即停机；

- ③ 专业返厂：唯一的维修途径是将其返回给原制造商或授权维修中心。

寿命与更换建议

行星减速器的寿命通常以额定负载和转速下的运行小时数定义。即使保养得当，它也是一个磨损件。当出现以下情况时，应计划更换：

- ① 精度下降，无法通过控制系统补偿；
- ② 背隙超过允许值，影响机器人绝对精度；
- ③ 运行噪音和振动显著增大，经检查确认为内部损坏。

8. 故障诊断与排除

8.1. CANopen 通信错误

表 8-1 CANopen 通讯错误表

中止码	名称	解释
0x00000000	无错误	通信成功
0x05030000	切换错误	触发位没有切换
0x05040000	SDO 超时	SDO 协议超时
0x05040001	未知命令	非法或未知的客户端 / 服务器命令字
0x05040004	CRC 校验错误	CRC 校验失败
0x06010000	访问错误	对象不支持访问
0x06010001	只读错误	试图读只写对象
0x06010002	只写错误	试图写只读对象
0x06010003	子索引不能写入	无法写入子索引, 子索引必须为“0”时才能写入
0x06010004	不支持 SDO 访问	不能通过完全访问来访问该对象
0x06020000	访问对象不存在	对象字典中对象不存在
0x06040041	PDO 映射错误	对象不能映射到 PDO
0x06040042	PDO 长度错误	映射的对象的数目和长度超出 PDO 长度
0x06040043	一般性参数错误	一般性参数不兼容
0x06040047	一般性设备内部错误	一般性设备内部不兼容
0x06060000	硬件错误	硬件错误导致对象访问失败
0x06070010	服务参数错误	数据类型不匹配, 服务参数长度不匹配
0x06070013	服务参数太短导致错误	服务参数长度太短
0x06090011	子索引错误	子索引不存在
0x06090030	参数数值范围错误	超出参数数值的值范围
0x08000000	一般性错误	未指定的常规错误
0x08000020	数据无法传输/保存	数据不能发送或保存到应用

0x08000022	设备状态错误	当前设备状态导致数据无法发送或保存。
0x0F00FFBE	密码错误	密码错误
0x0F00FFBF	非法指令代码	非法的（不存在的）指令代码。
0x0F00FFC0	NMT 状态错误	设备处于错误的 NMT 状态, 无法执行请求的操作

8.2. 设备错误码

表 8-2 设备报错表

代码	总线错误码(0x603F)	错误名称	错误类型
E101	0x2320	IPM 下桥短路	驱动器故障
E103	0x5210	电流传感器异常	驱动器故障
E105	0x5211	使能时电流传感器异常	驱动器故障
E107	0x6321	写 EEPROM 失败	驱动器故障
E120	0x2222	硬件过流	驱动器故障
E121	0x2221	软件过流	驱动器故障
E123	0x4210	电机过温	驱动器故障
E124	0x4310	驱动 MOS 过温	驱动器故障
E125	0x2350	驱动过载	驱动器故障
E126	0x7121	堵转故障	驱动器故障
E127	0x2351	电机过载	驱动器故障
E129	0x7122	电机缺相	驱动器故障
E130	0x3210	直流母线过压	驱动器故障
E131	0x3220	直流母线欠压	驱动器故障
E139	0xFF04	内部错误	驱动器故障
E140	0xFF10	驱动器参数初始化出错	驱动器故障
E141	0x6322	MCU 参数初始化校验错误	驱动器故障
E157	0x6323	EEPROM 版本信息错误	驱动器故障
E158	0x6320	参数 EEPROM 错误	驱动器故障

E160	0xFF24	请执行保存和断电重启动作	驱动器故障
E161	0xFF03	请执行配置动作	驱动器故障
E203	0x7510	第一编码器通讯断线	电机编码器故障
E206	0x7521	编码器型号初始化失败	电机编码器故障
E209	0x7515	第一编码器 CRC 异常	电机编码器故障
E230	0xFF11	加载电机参数出错	电机编码器故障
E302	0x8611	位置偏差过大	应用故障
E303	0x8400	速度偏差过大	应用故障
E304	0x8401	过速故障	应用故障
E308	0xFF35	电子齿轮比计算溢出	应用故障
E309	0xFF36	电子齿轮比超范围	应用故障

9. 附录

9.1. 保修政策与期限

1) 总则

感谢您选用本公司生产的行星关节模组（以下简称“产品”）。本公司承诺，产品在材料和制造工艺上均符合严格的质量标准。本章节详细说明了产品享有的保修服务、期限、范围以及相关责任限制，请您在使用前仔细阅读。

2) 保修期限

本产品享有自客户收货之日起 12 个月的有限保修服务。

3) 保修范围

在保修期内，在正常安装、使用和维护的前提下，产品如发生由于材料缺陷或制造工艺问题导致的故障，本公司将提供免费的维修或更换服务。包括但不限于：

- ① 行星减速器（太阳轮、行星轮、齿圈）的断裂。
- ② 集成电机绕组短路、磁钢脱落。
- ③ 绝对值编码器、驱动器功能性失效。
- ④ 轴承的非正常磨损或损坏。

4) 非保修范围

下述情况导致的故障或损坏不在免费保修范围之内，本公司可提供有偿维修服务：

- ① 超限使用：超出产品手册中规定的额定扭矩、转速、惯量匹配或过载能力运行。
- ② 错误安装与操作：未遵循手册要求进行安装（如不对中、过紧的配合）、接线（如电源反接、电压不符）、参数配置或操作。
- ③ 外部环境与灾害：在不符合要求的环境（如多粉尘、潮湿、腐蚀性气体、高温、低温）中使用，或因火灾、水浸、地震、雷击、电压突变等不可抗力造成的损坏。
- ④ 外部因素：因运输磕碰、跌落、外部冲击或其他人为意外造成的物理损伤。
- ⑤ 未经授权的维修：用户或非本公司授权技术人员进行的拆卸、维修、改装。
- ⑥ 正常磨损与消耗：属于正常的性能降低或磨损（如润滑脂随时间的自然损耗）。
- ⑦ 随附配件：随产品提供的标准电源线、信号线等标准件。

5) 保修服务流程

- ① 如发现产品故障，请首先联系我公司技术支持部门进行远程诊断。
- ② 如确需返厂检测或维修，请您提前与销售人员确认。未确认寄回的产品我司有权拒收。
- ③ 请将产品妥善包装（建议使用原包装），并附上详细的故障描述、联系方式，寄往我公司指定的地址。运输途中产生的损坏由寄方承担。
- ④ 我司收到产品后，将进行检测并判断故障原因是否属于保修范围。
- ⑤ 若属于保修范围：我司将免费维修或更换，并承担修好产品寄回的费用。
- ⑥ 若不属保修范围：我司将出具检测报告并提供付费维修报价，待您确认并付款后执行维修。

6) 责任限制

- ① 本保修政策取代并排除所有其他明示或暗示的保修条款。
- ② 本保修政策是您享有的唯一且排他的救济方式。
- ③ 在任何情况下，我司均不对因产品使用或无法使用所引发的间接性、偶然性、特殊性或后果性损失（包括但不限于数据丢失、生产停工、利润损失）承担赔偿责任。

7) 其他

本保修政策仅适用于从本公司官方渠道或授权经销商处购买的产品。

本公司保留对本保修政策的最终解释权，以及随时修订此政策的权利，恕不另行通知。最新版本以公司官网公布为准。

温馨提示：正确安装、规范操作和定期维护是延长产品寿命的关键。请务必仔细阅读本手册的其他章节，确保产品在最佳状态下运行。请妥善保管您的购买凭证。

9.2. 联系方式与技术支持

1) 重要提示

在联系我们之前，建议您：

- ① 查阅本手册：您遇到的问题，很可能已在手册的【操作、安装、故障排除】等相关章节中有详细说明。
- ② 准备产品信息：请将产品型号和机身序列号（S/N）准备好，我们的技术支持人员需

要这些信息来为您服务。

- ③ 描述故障现象：请详细描述问题现象、出现频率以及您已尝试过的解决方法，这将极大提高支持效率。

2) 技术支持与服务

我们为您提供多种技术支持渠道：

- ① 技术支持联系方式：

表 9-1 技术支持联系方式

工程师	电话	邮箱
沈工（华东地区）	15251673298	jun.shen@eyoubot.com
陆工（华东地区）	17851788985	congsheng.lu@eyoubot.com
陈工（华南地区）	18961828318	yin.chen@eyoubot.com
庾工（华南地区）	18033095498	wenyu.tuo@eyoubot.com
李工（华北地区）	15833086282	jinzhaoli@eyoubot.com
李工（淘宝）	18362391134	xiaoen.li@eyoubot.com

- ② 服务时间：周一至周五，上午 9:00 - 12:00，下午 13:30 - 18:00 (北京时间，公共节假日除外)；
- ③ 技术支持邮箱：见表 9-1。发送邮件时，请在标题中注明产品型号和问题概要（例如：“关于上电初始化报警的咨询”）。我们将在 1-3 个工作日内回复；
- ④ 在线支持与文档中心：请访问我公司官方网站 www.eyoubot.com 并导航至【服务与支持】板块，您可以找到：产品技术文档、手册及应用笔记。

3) 售后服务与维修

如果您需要返厂维修或检测，请务必先联系销售人员，获取寄送地址：

江苏意优机器人科技有限公司

收件部门：售后服务部

地址：与销售人员获取

联系电话：与销售人员获取

4) 商务联系

销售咨询：

地区	销售	电话	邮箱
华东	陈经理	17508913141	csl@eyoubot.com
华北	王经理	18611151809	wx@eyoubot.com
华南	彭经理	17620316328	pj@eyoubot.com
西南	黄经理	19822950310	hwn@eyoubot.com

5) 官方信息渠道

为确保您获得准确的产品信息和安全通知,请仅通过我公司官网和本手册提供的联系方式进行咨询。本公司不对通过未经授权的第三方渠道提供的信息和服务承担任何责任。

9.3. 术语表

名词	定义
关节模组	一种高度集成的机电一体化单元,将驱动器、电机、减速器、编码器、制动器等关键部件融合在一个紧凑的壳体内,直接输出旋转运动,作为机器人的核心关节。
行星减速器	行星减速器是一种利用“行星齿轮系”实现减速增矩的精密传动装置,主要由太阳轮,行星轮以及齿圈等零部件构成。
无框力矩电机	一种高性能直驱电机,通常由独立的转子和定子组成,无需额外的轴承或外壳,可被直接集成到客户的机械结构中。
伺服驱动器	关节模组的控制核心,接收上位机指令,并驱动电机运行。它集成了控制算法、功率放大电路和通信接口。
绝对值编码器	一种能够记录并反馈当前位置信息(绝对坐标)的传感器,即使断电后位置信息也不会丢失,无需回零即可重新获得准确位置。
制动器	一种安全装置,通常为断电抱闸(常闭型)。在伺服下使能、断电或故障时自动闭合,锁住输出轴,防止负载下滑。
额定转矩	在额定输入转速下,减速器输出端允许连续施加的负载转矩。
峰值扭矩	关节在启动、停止或短时过载时能够承受的最大转矩。超过此值可能导致损坏。

瞬间容许最大转矩	减速器能够承受的、来自外部的不可预期的短暂冲击转矩的最大值。
回零/零点标定	确定关节机械零点的过程。通过此操作，将编码器的计数值与机械位置对应起来，是保证绝对定位精度的基础。
位置模式	控制器向关节发送目标位置指令，关节内部闭环控制以实现精确位置跟踪。
速度模式	控制器向关节发送目标速度指令，关节维持给定速度运行。
电流/扭矩模式	控制器向关节发送目标电流（ I_q ）指令，直接控制电机的输出扭矩。
使能	一种控制信号，用于激活伺服驱动器。上使能后，驱动器准备接收指令并驱动电机；下使能后，驱动器停止输出，制动器通常会抱闸。
CANOpen	建立在 CAN 总线基础上的高层通信协议，定义了标准的通信对象和设备配置文件，广泛应用于嵌入式控制网络。
过压保护	当检测到母线电压超过安全阈值（如 60V）时，驱动器自动触发的保护功能，会报错停机以防止设备损坏。
欠压保护	当检测到母线电压低于最低工作电压（如 24V）时，驱动器自动触发的保护功能，可能导致制动器无法正常打开。
螺纹紧固剂	一种涂在螺纹上，防止螺丝因振动而松动的化学制剂。在安装关节法兰螺丝时必须使用，以确保连接可靠性。

*注：随着产品迭代，部分术语定义或功能可能更新，请以最新版官方文档为准。