关节模组使用手册
(CANFD版)



易动（东莞）智能科技有限公司

版本号 Version	修订人 Revised by	审核 Checked	时间 Date	备注 Remarks
V1.0			**2026.1.31**	初版
V1.1			**2026.4.13**	1.修改EDW160速度、阻尼阈值 2.修改EDW192速度阈值
V1.2			**2026.4.22**	1.修改ED65、ED86转矩阈值 2.新增ED110-S、ED100关通信阈值节

目录

1 关节模组运动控制模式 1
1.1 阻抗控制模式 1
1.1.1 控制原理和模型概述 1
1.1.2 基于阻抗模型的不同运动控制方案 2
2 上位机调试使用说明 5
2.1 设备连接 5
2.1.1 USB转CANFD设备选择及驱动安装 5
2.1.2 上位机启动步骤 5
2.2 机械定位 7
2.3 关节模组参数读取、写入与保存 8
2.4 反馈状态显示和曲线数据显示、保存 10
2.5 关节模组电机使能 11
2.6 关节模组运动控制参数 12
2.6.1 阻抗控制模式 12
2.7 固件升级 15
3 CANFD通信协议 16
3.1 目的 16
3.2 通信协议 16
3.2.1 CANFD通信参数 16
3.2.2 协议格式 16
3.3 通信指令说明 18
3.3.1 关节电机指令数据 18
3.3.2 关节电机状态数据 21
3.3.3 关节电机故障保护 22
3.3.4 通信协议参数阈值 23

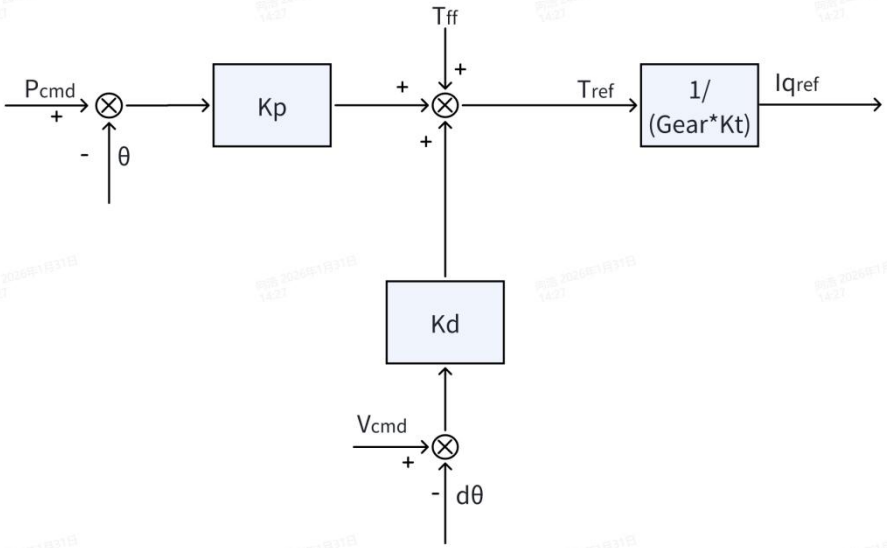
1 关节模组运动控制模式

1.1 阻抗控制模式

阻抗控制模式是一种基于转矩控制的柔顺运动控制方式。 关节模组控制器根据目标位置、目标速度与实际反馈值之间的偏差，计算输出目标转矩，使电机-负载系统在力学上等效为一个具有可调刚度和阻尼特性的虚拟机械系统。

与传统刚性位置控制不同，阻抗控制模式不以消除位置误差为唯一目标，而是通过建立力（转矩）与位移、速度之间的关系，实现对外界作用力的柔顺响应。该模式在存在外力扰动、冲击或接触的工况下，可有效降低冲击力峰值，提高系统安全性与鲁棒性。

1.1.1 控制原理和模型概述



在阻抗模式下，关节模组控制器按照以下关系计算目标转矩：

$$T_{des} = K_p * (P_{cmd} - P_{fbk}) + K_d * (V_{cmd} - V_{fbk}) + T_{ff}$$

其中：

T_{des}：关节模组输出端目标转矩（N.m）；

P_{cmd}：关节模组输出端目标位置（rad）；

V_{cmd}：关节模组输出端目标速度（rad/s）；

P_{fbk}：关节模组输出端反馈位置（rad）；

V_{fbk}：关节模组输出端反馈速度（rad/s）；

T_{ff}：前馈转矩（N.m）；

K_p：刚度系数，决定位置偏差对应的转矩大小；

K_d：阻尼系数，决定速度偏差对应的阻尼转矩；

注：

- 该控制模型不包含积分项；
- 驱动器内部通过高速电流环实现转矩控制；
- 在无外力干扰时，关节模组将按照设定的刚度和阻尼参数跟随目标轨迹运动；
- 在受到外部作用力时，外力引起的位置和速度变化会转化为相应的转矩输出，关节表现出类似弹簧—阻尼系统的柔顺特性；
- K_p 越大，系统对位置偏差的抵抗能力越强，表现越“硬”；
- K_d越大，系统阻尼越强，振动和冲击越容易被抑制，但动态响应会相应变慢；

1.1.2 基于阻抗模型的不同运动控制方案

阻抗控制模式指令有P_{cmd}，V_{cmd}，T_{ff}，K_p，K_d，通过调节位置、速度及阻抗参数，可实现从零扭矩、阻尼到位置阻抗等多种运动行为。不同运动模式并非独立算法，而是同一控制模型在不同参数配置下的表现形式：

1.1.2.1 位置控制

参数设置

- 给定目标位置P_{cmd}
- $K_p > 0$
- 建议同时设置 $K_d > 0$ 提高稳定性
- V_{cmd} 通常设置为 0
- T_{ff}可选

控制特性

- 关节围绕目标位置表现为弹性约束

- 允许位置偏差存在
- 外力作用下关节可发生位移

注：

- 如果位置给定值和反馈值差值过大，会得到一个很大的阶跃转矩，产生大电流，建议给定位置缓慢增加

1.1.2.2 速度控制

参数设置

- 给定目标速度V_{cmd}
- $K_p = 0$
- $K_d > 0$
- $P_{cmd} = 0$
- T_{ff}可选

控制特性

- 由于无积分环节，可能存在稳态速度误差
- 外力作用下速度可能发生变化

注：

- 速度项产生的启动转矩由给定速度和K_d值决定，若速度给定值和反馈值差值过大，或者K_d给定过大，会得到一个很大的阶跃转矩，可能导致电流峰值过大或系统震荡，建议给定速度值缓慢增加

1.1.2.3 转矩控制

参数设置

- 给定目标转矩T_{ff}
- $K_p = 0$
- $K_d = 0$
- $P_{cmd} = 0$
- $V_{cmd} = 0$

控制特性

- 驱动器直接控制给定转矩
- 不对位置和速度进行调节

注：

- 若输出端负载小于给定转矩，速度会一直上升至最大转速，甚至失控

1.1.2.4 阻尼控制

参数设置

- $K_d > 0$
- $K_p = 0$
- $V_{cmd} = 0$
- $P_{cmd} = 0$
- $T_{ff} = 0$

控制特性

- 此时电机输出轴类似一个单纯的旋转阻尼器，不关心位置、不主动控制，只抵抗运动本身，此时产生的力只和速度项相关，产生阻力的方向和速度方向相反、大小和速度成比例
- 阻尼模式下，关节模组驱动器仅根据关节转速产生反向阻抗扭矩，用于减速、制动或抑制振动，而不对位置进行约束

2 上位机调试使用说明

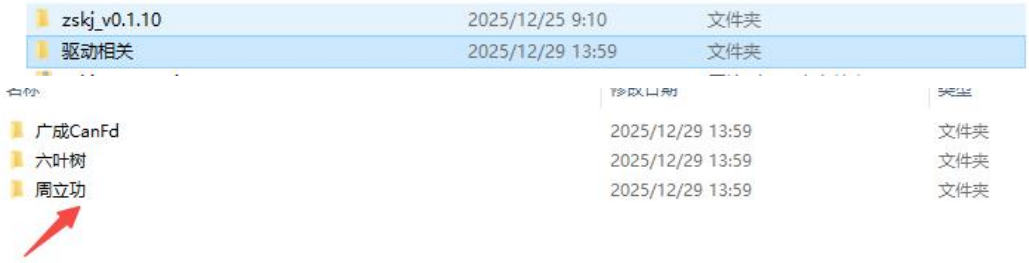
2.1 设备连接

2.1.1 USB转CANFD设备选择及驱动安装

（1）上位机支持USB转CANFD设备型号如下：

设备品牌	设备型号
周立功	USBCANFD_100U、USBCANFD_200U
六叶树	USBCANFD_Mini
广成科技	USBCAN II FD
创芯科技	USBCAN FD

（2）选择对应设备的驱动安装。



2.1.2 上位机启动步骤

（1）找到上位机软件解压包，双击打开解压后的文件夹；

（2）在文件夹中找到「zskj.exe」文件，双击即可启动软件（无需安装，直接运行）；

（3）启动成功后，将看到带有多个功能标签页、底部配置栏和右上角设置按钮的主界面，如图 2-1上位机启动后界面所示。

（4）点击底部「CAN卡类型」下拉框，如图 2-2USBCAN设备类型选择所示，选择与你实际使用的CAN卡对应的型号（如“周立功_USBCANFD_200U”、“ 六叶树_USBCANFD_Mini”等）；

（5）点击底部「配置类型」下拉框，选择与当前连接的关节模组电机匹配的类型，如图 2-3关节模组电机类型选择所示；

（6）配置完成后，点击底部「打开」按钮，若连接成功，即可和CANFD设备建立连接；使用完成后，点击底部「关闭」按钮，可断开设备连接，关闭对CANFD设备的连接；

（7）如果遇到连接失败请检查设备驱动是否安装成功，或者该CANFD设备是否已经被建立连接。



图 2-1上位机启动后界面



图 2-2USBCAN设备类型选择



图 2-3关节模组电机类型选择

2.2 机械定位

如果需要设置当前关节模组输出端位置为机械零位，点击上位机“运动参数”页面，如图 2-4 设置机械零位界面所示，点击“机械定位”按钮，选择“确认”，则关节模组当前位置将反馈为0rad。

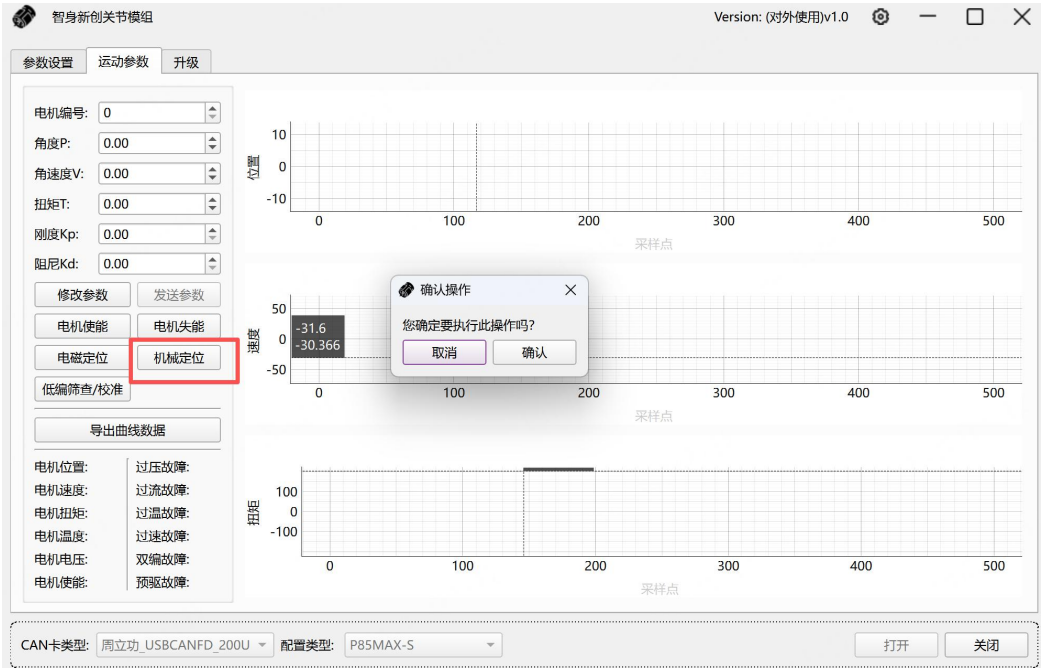


图 2-4 设置机械零位界面

注：

关节模组完成机械零点标定后，具备单圈绝对位置记忆能力。在断电及断电后人为转动输出端的情况下，系统重新上电后仍可准确获取并恢复当前单圈绝对位置（轮毂电机不支持）。

2.3 关节模组参数读取、写入与保存

点击上位机“参数设置”页面，此页面用于查看和设置电机的基础参数，如图 2-5电机参数设置界面所示。



图 2-5电机参数设置界面

2.3.1 参数读取

(1) 连接设备后，在页面「电机编号」输入框中，填写当前连接的电机CANID（如1、2等，需与实际设备对应）；

(2) 填写完成后，系统会自动更新电机的参数信息；若长时间（超过10秒）未显示，点击页面「读取参数」按钮即可；

(3) 读取成功后，页面中的输入框会从“灰色不可编辑”变为“可编辑”状态（部分参数框为只读模式，无法修改，属于正常现象）；

注：若点击「读取参数」后长时间无响应，点击「取消」按钮可终止读取操作，重新检查设备连接后再尝试。

2.3.2 参数修改与写入

(1) 在可编辑的输入框中，填写你需要的参数值（建议参考设备说明书中的推荐参数范围）；
(2) 填写完成后，点击「写入参数」按钮；
(3) 操作结果会在页面左下角提示：显示“参数写入成功”即完成设置，若显示“读取成功”则表示参数已成功读取；

注：写入参数后需要断电重启才能生效。

2.3.3 参数保存与装入

(1) 参数保存：设置好参数后，点击「参数保存」按钮，可将当前所有参数导出并保存到电脑本地文件夹；
(2) 参数装入：若之前保存过参数，点击「参数装入」按钮，选择本地保存的参数文件，即可将参数自动填充到页面输入框中；

注：装入参数后，需再次点击「写入参数」，参数才能生效。

2.4 反馈状态显示和曲线数据显示、保存

上位机“运动参数”页面中，如图 2-6反馈状态和曲线显示界面所示，标识2中显示关节模组反馈状态，包括位置、速度、转矩、温度、电压、电机使能状态、错误码等。

标识3中显示位置、速度、转矩给定和反馈值的实时曲线，若需要导出曲线数据，可以点击标识1的“导出曲线数据”按钮。

注：以上数据只有在电机使能并且发送参数后才会显示。

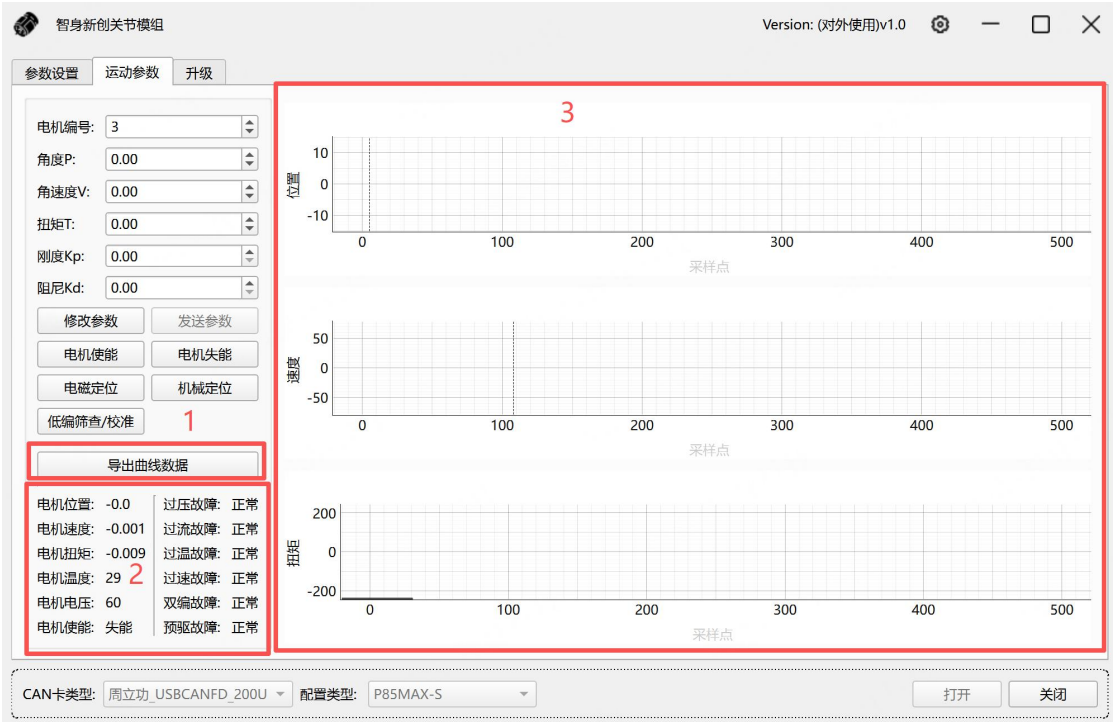


图 2-6反馈状态和曲线显示界面

2.5 关节模组电机使能

在关节模组电机运行前，需要将电机从失能状态转为使能状态，使其可以接收执行上位机下发的控制参数。在上位机“运动参数”页面，如图 2-7上位机电机使能界面所示，点击“电机使能”按钮，电机进入使能状态。此时可以观察反馈状态显示中“电机使能”是否变为“使能”状态。

要使电机停止运行，进入失能状态，点击“电机失能”按钮。此时可以观察反馈状态显示中“电机使能”是否变为“失能”状态。

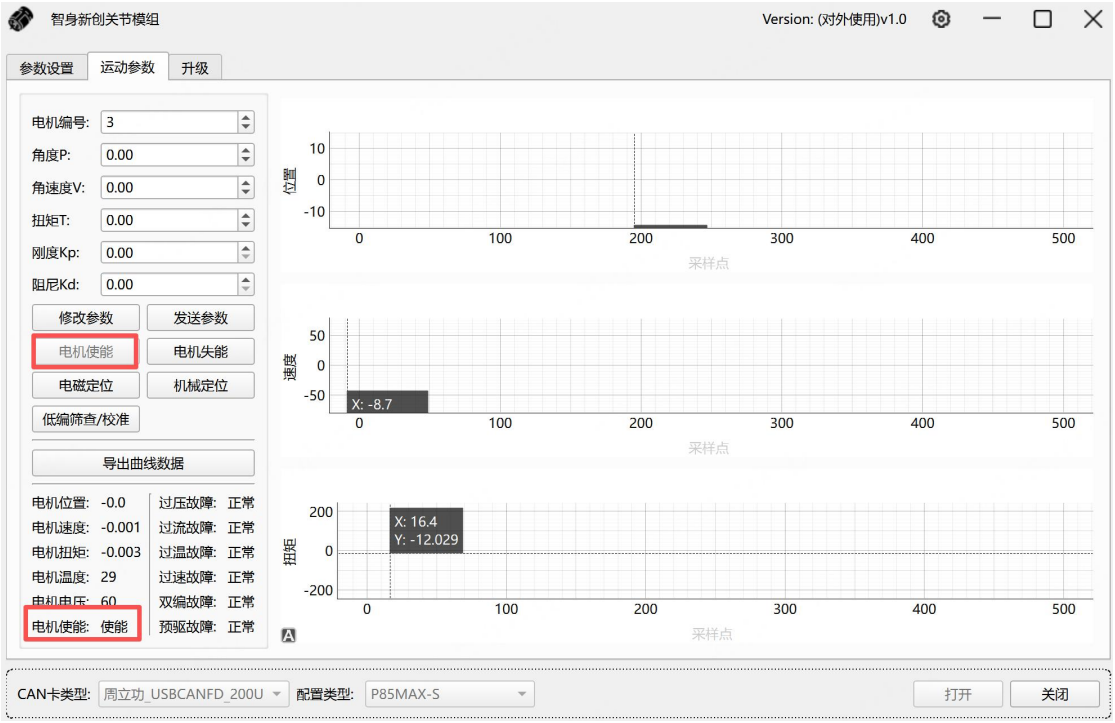


图 2-7上位机电机使能界面

2.6 关节模组运动控制参数

2.6.1 阻抗控制模式

阻抗控制模式指令有P_{cmd}，V_{cmd}，T_{ff}，K_p，K_d，通过调节位置、速度及阻抗参数，可实现从零扭矩、阻尼到位置阻抗等多种运动行为。不同运动模式并非独立算法，而是同一控制模型在不同参数配置下的表现形式。

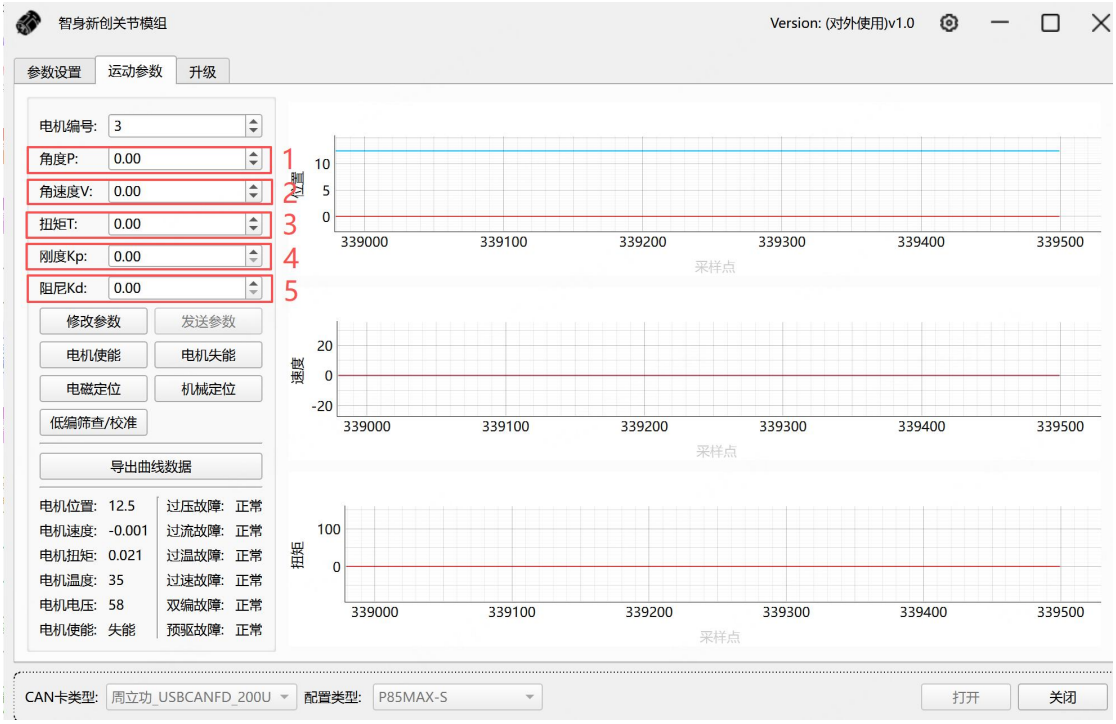


图 2-8运行参数设置界面

2.6.1.1 位置控制

在位置控制下，输出轴最终会停在一个固定位置下，是否能达到目标值，和给定刚度系数K_p以及阻尼系数K_d相关。

在上位机“运动参数”页面，如图 2-8运行参数设置界面所示，设置机械零位后，设置期望角度值P（rad）、刚度系数K_p、阻尼系数K_d，点击“电机使能”按钮，再点击“发送参数”按钮，电机即可按照设置参数运行，若需要修改运动参数，在修改期望值后，点击“修改参数”按钮，即可生效。

注：

（1）给定位置和当前位置差值不宜过大，否则会产生瞬间大转矩；

（2）K_p，K_d之间比值不宜过大；

（3）轮毂电机不支持位置控制；

位置控制给定值示例：

关节型号	P_{cmd}	V_{cmd}	T_{ff}	K_p	K_d
P55	3.14	0	0	2	1
P65	3.14	0	0	2	1
P65MAX-S	3.14	0	0	3	1
P85MAX-S	3.14	0	0	5	1

2.6.1.2 速度控制

速度控制下，输出轴以期望的角速度旋转，此时阻尼系数相当于一个比例系数，因此阻抗控制模型下的速度控制会存在一定的稳态误差，误差大小和阻尼系数K_d相关。

在上位机“运动参数”页面，如图 2-8运行参数设置界面所示，设置期望角速度V（rad/s）、阻尼系数K_d，点击“电机使能”按钮，再点击“发送参数”按钮，电机即可按照设置参数运行，若需要修改运动参数，在修改期望值后，点击“修改参数”按钮，即可生效。

注：

（1）速度控制时，阻尼系数K_d不宜过大。

速度控制给定值示例：

关节型号	P_{cmd}	V_{cmd}	T_{ff}	K_p	K_d
P55	0	5	0	0	2
P65	0	5	0	0	2
P65MAX-S	0	5	0	0	2
P85MAX-S	0	5	0	0	2
W150-S	0	5	0	0	0.1
W190-S	0	5	0	0	0.5

2.6.1.3 转矩控制

转矩控制下，输出轴会输出一个恒定的转矩，若是给定转矩值远大于负载转矩，电机会持续加速至最大转速。

在上位机“运动参数”页面，如图 2-8运行参数设置界面所示，设置期望转矩（N.m），点击“电机使能”按钮，再点击“发送参数”按钮，电机即可按照设置参数运行，若需要修改运动参数，在修改期望值后，点击“修改参数”按钮，即可生效。

转矩控制给定值示例：

关节型号	P_{cmd}	V_{cmd}	T_{ff}	K_p	K_d
P55	0	0	1	0	0
P65	0	0	1	0	0
P65MAX-S	0	0	1	0	0
P85MAX-S	0	0	3	0	0
W150-S	0	0	0.3	0	0
W190-S	0	0	0.2	0	0

2.6.1.4 阻尼控制

阻尼控制下，只给定阻尼系数$K_d > 0$，其他参数给定为0，此时若有外力带动电机轴旋转，关节模组将会产生一个反向转矩，抵抗旋转，此时产生的阻力方向和速度方向相反、大小和速度成比例。该控制方式可对突加的外力进行限制、减速，通过调节阻尼系数可控制减速度。

应用示例：在关节模组输出端接一个摆臂，将摆臂拉到一定高度松手，正常情况下，由于重力的影响，摆臂会快速下落，但进入阻尼控制后，电机会产生一个反向转矩，限制由于重力带来的速度变化，表现为摆臂缓慢落下。

2.7 固件升级

如图 2-9上位机固件升级界面所示，点击“升级”页面，此页面用于更新电机固件（非必要操作，仅当需要升级固件时使用），操作步骤：

(1) 选择需要升级的电机编号；

(2) 选择固件：点击「选择固件」按钮，在电脑中找到需要升级的固件文件；

(3) 开始升级：选择固件后，点击「升级固件」按钮，等待升级完成（升级过程中请勿断开设备连接或关闭软件）；

(4) 取消升级：若不需要升级或升级过程中出现异常，点击「取消升级」按钮，即可终止升级操作。

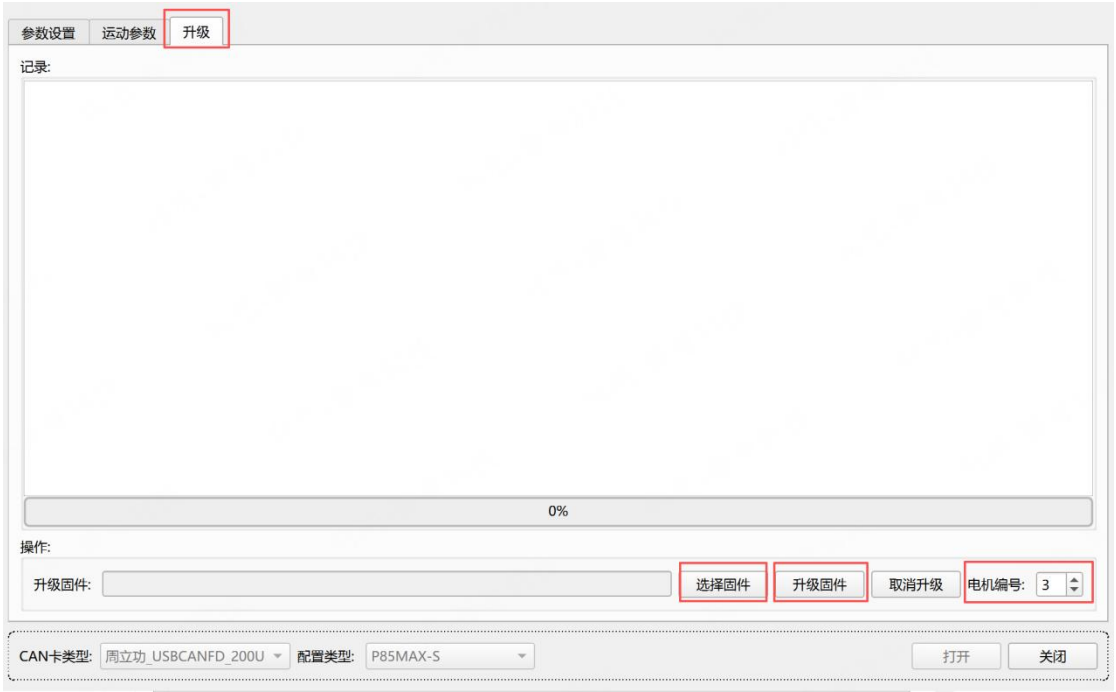


图 2-9上位机固件升级界面

3 CANFD通信协议

3.1 目的

本文档定义了基于CAN FD接口的电机通信协议，包括通信帧格式、数据定义、命令集及错误状态上报，确保电机控制器与上位机（或其他设备）之间的可靠通信。

适用硬件：支持CAN FD接口的电机控制器及主控设备。

适用场景：电机控制、状态监测、参数配置等。

适用电机控制模式：阻抗控制模式（电机使能默认进入此模式）其内部最终执行力矩闭环，力矩指令由如下三个部分组成：

力矩指令 = 位置刚度系数Kp * (位置指令-反馈位置)

+ 速度阻尼系数Kd * (速度指令-反馈速度)

+ 前馈力矩指令。

3.2 通信协议

3.2.1 CANFD通信参数

类别	参数项	参数说明
参数配置	波特率（仲裁段）	1Mbps
	波特率（数据段）	5Mbps
	帧格式	标准帧
	数据长度（主站发送）	64字节（可配置）
	数据长度（关节返回）	12字节
CANID定义	主站CANID	0x00
	从站关节CANID	0x0X（X=1~6）
	关节出厂默认CANID	0x03
通信速率	主机与关节通讯速率	最大支持1KHz

3.2.2 协议格式

主机下发报文：（高字节在后，低字节在前）

Byte	功能	备注
Byte0-Byte1	MSGID	主机发送
Byte2-Byte11	CANID=1指令数据	详见 关节电机指令数据
Byte12-Byte21	CANID=2指令数据	
Byte22-Byte31	CANID=3指令数据	
Byte32-Byte41	CANID=4指令数据	
Byte42-Byte51	CANID=5指令数据	
Byte52-Byte61	CANID=6指令数据	
Byte62-Byte63	保留报文	

电机反馈报文：（高字节在后，低字节在前）

Byte	功能	备注
Byte0-Byte1	MSGID	=主机发送
Byte2-Byte3	关节输出端当前位置	详见 关节电机状态数据
Byte4-Byte5	关节输出端当前速度	
Byte6-Byte7	关节输出端当前扭矩	
Byte8	电机当前温度值	
Byte9	电机当前状态码	
Byte10	电机当前电压值	
Byte11	预留	

注意：

（1）该协议最小可控制单关节电机，最大可以控制6个关节电机，CANID对应1-6，下发数据字节可根据控制关节电机最大CANID进行调整，节省通信带宽，对应关系如下：

关节电机CANID	下发最小字节数
1	12
2	24
3	32
4	48
5/6	64

例如最大CANID为3（单关节或者多关节），则下发数据为Byte0-Byte31，可调整下发字节数为32；

例如最大CANID为1，则下发数据为Byte0-Byte11，可调整下发字节数为12；

（2）对于单关节控制或者不连续的关节CANID控制，可参考以下方法：

例如最大CANID为6，但只控制某个关节如CANID=3，需要下发64字节，只给Byte22-Byte31赋值，其他给0或者维持上次下发的数据；同理，控制不连续的关节如CANID=1和CANID=4，则只需要给Byte2-Byte11和Byte32-Byte41赋值；

（3）Byte0-Byte1 对应的MSGID，由主机发送数据，从机则返回相同的数据，可供主机判断从机返回的数据对应下发的哪一帧，不使用可填0；

3.3 通信指令说明

3.3.1 关节电机指令数据

3.3.1.1 电机使能

一个关节对应的指令数据：（以第一个关节 Byte2-Byte11 为例）

Byte	说明	取值
Byte2	固定指令码	0xFF
Byte3	固定指令码	0xFF
Byte4	固定指令码	0xFF
Byte5	固定指令码	0xFF
Byte6	固定指令码	0xFF
Byte7	固定指令码	0xFF
Byte8	固定指令码	0xFF
Byte9	固定指令码	0xFF
Byte10	固定指令码	0xFF
Byte11	使能指令码	0xFC

示例：给所有关节使能

主机下发报文：

Byte	功能	值（低字节在前）
Byte0-Byte1	MSGID	00 01
Byte2-Byte11	CANID=1指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC
Byte12-Byte21	CANID=2指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC

Byte22-Byte31	CANID=3指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC
Byte32-Byte41	CANID=4指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC
Byte42-Byte51	CANID=5指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC
Byte52-Byte61	CANID=6指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FC
Byte62-Byte63	保留报文	xx xx

关节回复报文：（同 关节电机状态数据）

3.3.1.2 电机失能

一个关节对应的指令数据：（以第一个关节 Byte2-Byte11 为例）

Byte	说明	取值
Byte2	固定指令码	0xFF
Byte3	固定指令码	0xFF
Byte4	固定指令码	0xFF
Byte5	固定指令码	0xFF
Byte6	固定指令码	0xFF
Byte7	固定指令码	0xFF
Byte8	固定指令码	0xFF
Byte9	固定指令码	0xFF
Byte10	固定指令码	0xFF
Byte11	使能指令码	0xFD

示例：给所有关节失能

主机下发报文：

Byte	功能	值（低字节在前）
Byte0-Byte1	MSGID	00 01
Byte2-Byte11	CANID=1指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte12-Byte21	CANID=2指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte22-Byte31	CANID=3指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte32-Byte41	CANID=4指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte42-Byte51	CANID=5指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte52-Byte61	CANID=6指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF FD
Byte62-Byte63	保留报文	xx xx

关节回复报文：（同 关节电机状态数据）

电机失能后所有MOS管关闭，电机线圈处于断开状态。

3.3.1.3 电机运行

电机使能之后，接着发送电机运行指令，电机就进入运行模式，此时一个关节对应的指令数据为：（以第一个关节 Byte2-Byte11 为例）

Byte	说明	取值
Byte2-Byte3	位置指令	（uint16） 0~65535 映射为 P_MIN~P_MAX（ rad）； 0x8000 (32768) 代表 0 rad。
Byte4-Byte5	速度指令	（uint16） 0~65535 映射为 V_MIN~V_MAX （rad/s）； 0x8000 (32768) 代表 0 rad/s。
Byte6-Byte7	刚度Kp指令	（uint16） 0~65535 映射为 0.0~KP_MAX； 0x0000 (0) 代表 0.0。
Byte8-Byte9	阻尼Kd指令	（uint16） 0~65535 映射为 0.0~KD_MAX； 0x0000 (0) 代表 0.0。
Byte10-Byte11	前馈力矩指令	（uint16） 0~65535 映射为 T_MIN~T_MAX（N.m）； 0x8000 (32768) 代表 0 Nm。

阈值范围详见**3.4 通信参数阈值**

示例：给所有关节运行指令（0位置、0速度、0Kp、0Kd、0力矩）

主机下发报文：

Byte	功能	值（低字节在前）
Byte0-Byte1	MSGID	00 01
Byte2-Byte11	1关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte12-Byte21	2关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte22-Byte31	3关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte32-Byte41	4关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte42-Byte51	5关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte52-Byte61	6关节指令	00 80 00 80 00 00 00 00 00 80
Byte62-Byte63	保留报文	xx xx

关节回复报文：（同 关节电机状态数据）

3.3.1.4 设置当前位置为机械零位

一个关节对应的指令数据：（以第一个关节 Byte2-Byte11 为例）

Byte	说明	取值
Byte2	固定指令码	0xFF
Byte3	固定指令码	0xFF
Byte4	固定指令码	0xFF
Byte5	固定指令码	0xFF
Byte6	固定指令码	0xFF
Byte7	固定指令码	0xFF
Byte8	固定指令码	0xFF
Byte9	固定指令码	0xFF
Byte10	固定指令码	0xFF
Byte11	使能指令码	0xEF

示例：给所有关节设置当前位置为机械零位

主机下发报文：

Byte	功能	值（低字节在前）
Byte0-Byte1	MSGID	00 01
Byte2-Byte11	CANID=1指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte12-Byte21	CANID=2指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte22-Byte31	CANID=3指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte32-Byte41	CANID=4指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte42-Byte51	CANID=5指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte52-Byte61	CANID=6指令	FF FF FF FF FF FF FF FF FF EF
Byte62-Byte63	保留报文	xx xx

关节回复报文：（同 关节电机状态数据）

设置成功后，并且关节角度位置未变化时，关节当前的反馈位置为0。

注：

电机任意位置上电角度上报范围为（-π — π）单位：rad。

3.3.2 关节电机状态数据

所有指令下电机均反馈如下报文：

Byte	功能	备注
Byte0-Byte1	MSGID	=主机发送
Byte2-Byte3	关节输出端当前位置	（uint16） 0~65535 映射为 P_MIN~P_MAX（ rad）； 0x8000 (32768) 代表 0 rad。
Byte4-Byte5	关节输出端当前速度	（uint16） 0~65535 映射为 V_MIN~V_MAX （rad/s）； 0x8000 (32768) 代表 0 rad/s。
Byte6-Byte7	关节输出端当前扭矩	（uint16） 0~65535 映射为 T_MIN~T_MAX（N.m）； 0x8000 (32768) 代表 0 N.m。
Byte8	电机当前温度值	（uint8） 0-255 代表 -40~215 ℃； 0x00 (0) 代表 -40 ℃
Byte9	电机当前状态码	bit0——电机使能状态位； bit1——过压故障状态； bit2——过流故障状态； bit3——过温故障状态； bit4——过速故障状态； bit5——编码器故障状态； bit6——欠压故障状态； bit7——预留。 （1有效） 详见 关节电机故障保护。
Byte10	电机当前电压值	（uint8） 0-255 即代表电压 0-255 V
Byte11	预留	

阈值范围详见3.4 通信参数阈值

3.3.3 关节电机故障保护

电机反馈的状态码，不同 bit 上代表不同的状态；发生故障时电机会自动失能，同时故障对应的状态位值为1，详细故障触发和恢复逻辑如下：

电机状态位	功能	备注	恢复措施
bit0	电机使能	使能后为1，失能状态为0	
bit1	过压故障	测量到母线电压超过阈值报过压故障	重启或重新使能
bit2	过流故障	检测电流超过阈值，报过流故障	重启或重新使能
bit3	过温故障	检测到电机温度超过阈值	重启或重新使能（状态位低于85℃自动恢复）
bit4	过速故障	电机输出端速度超过阈值报过速故障	重启或重新使能
bit5	编码器故障	编码器测量失效报编码器故障	重启或重新使能
bit6	欠压故障/预驱故障	测量到母线电压低于阈值报欠压故障/检测到预驱故障上报	重启或重新使能
bit7	预留		

3.3.4 通信协议参数阈值

关节型号	P_MAX	P_MIN	V_MAX	V_MIN	T_MAX	T_MIN	KP_MAX	KD_MAX
ED57-15	12.5	-12.5	65	-65	30	-30	500	5
ED65-17	12.5	-12.5	65	-65	50	-50	500	5
ED65-30-FS	12.5	-12.5	65	-65	100	-100	500	5
ED86-39-FS	12.5	-12.5	65	-65	300	-300	500	50

关节型号	P_MAX	P_MIN	V_MAX	V_MIN	T_MAX	T_MIN	KP_MAX	KD_MAX
EDW-160	12.5	-12.5	300	-300	30	-30	500	5
EDW190	12.5	-12.5	200	-200	50	-50	500	5
EDW110	12.5	-12.5	300	-300	30	-30	500	5
EDW100	12.5	-12.5	65	-65	650	-650	500	50
持续更新								