

南京因克斯智能科技有限公司 电机调试说明书

目录

1. 电机调试简介	1
2. 注意事项	2
3. 产品技术概述	3
3.1 接线方式说明	3
3.2 温度保护说明	3
3.3 编码器功能说明	3
3.4 使用电压和电源说明	4
3.5 通信使用说明	4
3.6 指示灯说明	5
4. 电机模式简介	6
4.1 力位混控模式	6
4.2 伺服位置控制模式	7
4.3 伺服速度控制模式	8
4.4 电流/力矩控制模式	8
4.5 电机刹车控制	8
5. CAN 通信协议	9
5.1 CAN 通信参数	9
5.2 电机零点设置指令	9
5.3 电机 CAN 通信 ID 设置指令	10
5.4 电机 CAN 通信 ID 重置指令	10
6. 使用 USB-CAN 模块调试	11
6.1 控制模块连接	11
6.2 APP 电机控制界面:	12
6.3 力位混控模式:	12
6.4 伺服位置模式:	13
6.5 伺服速度模式:	13
6.6 电流模式:	13

6.7 扭矩模式:	14
6.8 控制参数设置界面:	14
6.9 电机查询界面:	15
6.10 电机设置界面:	15
6.11 PVT 设置界面:	16
6.12 PID 设置界面:	16
7. 使用 VESC tool 调试	17
7.1 App Setting	18
7.2 Motor Setting	19
7.2.1 修改电流环 KP 与 KI	20
7.2.2 测试电流环响应带宽	21
7.2.3 修改伺服速度模式和伺服位置模式的 PID 参数	21
7.3 VESC Terminal	22
8. 电机查询指令	25
8.1 查询 CAN 通信 ID	25
9. 电机控制相关指令	26
9.1 问答通信模式控制指令	26
9.1.1 力位混控模式指令	26
9.1.2 伺服位置控制模式指令	27
9.1.3 伺服速度控制模式指令	27
9.1.4 电流、力矩控制模式和刹车控制指令	28
9.1.5 刹车抱闸控制指令	28
9.2 电机控制参数配置指令	29
9.2.1 电机加速度配置指令	29
9.2.2 电机扭矩系数配置指令	29
9.2.3 电机力位混控协议 KP 配置指令	30
9.2.4 电机力位混控协议 KD 配置指令	30
9.2.5 电机力位混控协议位置配置指令	31
9.2.6 电机力位混控协议速度配置指令	31
9.2.7 电机力位混控协议扭矩配置指令	31

9.2.8 电机力位混控协议电流配置指令 32

9.2.9 电机 CAN 超时时间配置指令 32

9.2.10 电机电流环 PI 配置指令 33

9.2.11 电机速度环 PI 配置指令 33

9.2.12 电机位置环 PD 配置指令 34

9.3 电机控制参数查询指令 34

10. 问答模式反馈报文 36

10.1 问答通信模式返回报文类型 1 36

10.2 问答通信模式返回报文类型 2 37

10.3 问答通信模式返回报文类型 3 37

10.4 问答通信模式返回报文类型 4 37

10.5 问答通信模式返回报文类型 5 38

11. CAN 协议调试示例 40

12. EtherCat-CAN 转接板调试 42

12.1 接线说明及线序 42

附录 A: USB-CAN 模块实物连接图 44

附录 B: EtherCAT-CAN 串联示例图 45

修改记录

时间	版本	内容
2024-10-8	V1.2	伺服位置控制单位统一为度，增加力位混控指令范围。
2024-12-5	V1.3	修改反馈报文 2，将弧度修改为度
2024-12-13	V1.4	9.1 力位混控模式指令，文字部分修改
2024-12-17	V1.5	修改 USB 转 CAN 分析仪推荐购买链接
2025-1-17	V1.6	修改 EC 系列力位混控协议范围
2025-4-28	V1.7	修改 EC 系列力位混控协议范围
2025-6-20	V1.8	修改 USB-CAN 模块调试
2025-9-1	V1.9	新增温度保护逻辑说明与抱闸协议。
2025-10-15	V1.10	更新问答模式反馈报文中电机报错信息

1.电机调试简介

为满足客户对本产品的基本使用，公司使用四种方式可供客户进行调试电机：

一、使用本公司所自研的 USB-CAN 模块（需从本公司进行购买）搭配自研的上位机调试软件进行调试（推荐使用）。

二、使用 CAN 协议进行电机调试（需要增加 120 欧电阻）。

三、使用 VESC Tool 上位机进行调试（EC-4310\8112\10020-24\13715\13720 系列电机需使用 M2 螺丝刀打开后盖）

四、使用 Ether CAT-Can 转接板进行调试

2.注意事项

本产品使用应该远离强磁环境，否则会影响电机编码器数据，造成电机转动异常!

本产品使用应保证其稳定在 85℃ 以内，超过 85℃ 电机报警，超过电机驱动板温度高于 95℃、电机线圈温度高于 105℃ 电机强制宕机，进入待机状态，无法进行控制，待温度正常后恢复正常。

本产品在大扭矩工作状态时，会产生较多热量，注意避免被烫伤。

本产品在调试或工作时，应保证外壳被固定。

请勿自行拆卸本产品，否则会影响产品的正常使用，若私自拆卸则不再享受相应的质保服务。

注意接线牢固，避免接触不良。

冬天天气干燥，注意静电干扰，避免损耗驱动。

3.产品技术概述

3.1接线方式说明

电机的电源接口分为两种，不同电机因其体积影响，预制 4 接口和 2 接口，其接口是没有固定进项和出项设计，及对于 4 接口可以一个接口为电源输入，其余三个接口为电源输出（不推荐使用），对于两个接口任意一端为电源输入或输出即可，多个电机连接方式可使用串联方式，供电电源需结合各个电机在不同扭矩下所需电流来进行设计（防止电机扭矩突然加大导致供电不足，电机重启）。电机具体扭矩、电流等对应信息可向售后索取。

3.2温度保护说明

电机带有过温保护机制，并且有两个温度监测采集点，一个是测量线圈温度，另一个是测量驱动 mos 的温度。线圈保护温度起始为 105℃，大于 120℃最高保护温度报错停止转动，驱动保护温度起始为 95℃，大于 110℃最高保护温度报错停止转动。电机过温保护机制如下：

温度小于起始保护温度时，驱动全功率输出；

温度大于起始保护温度，小于最高保护温度时，驱动输出功率减小，也就是限制输出的相电流，此时输出的扭矩也会减小，从而减小线圈发热。此时的相电流为

$$I_{\text{现}} = I_{\text{原}} \times [1 - (T_{\text{现}} - T_{\text{始}}) / (T_{\text{高}} - T_{\text{始}})]$$

$I_{\text{现}}$ 为触发过温保护后的相电流， $I_{\text{原}}$ 为原本预期相电流， $T_{\text{现}}$ 为当前线圈或驱动 mos 温度， $T_{\text{始}}$ 为线圈或驱动 mos 起始保护温度， $T_{\text{高}}$ 为线圈或驱动 mos 最高保护温度，

当温度大于最高保护温度时，电机停转，并报温度过高故障。

无论是线圈温度还是驱动 mos 温度达到各自的起始温度都会触发电机过温保护机制。

如果堵转打到限位或负载突然特别大，扭矩接近峰值的时候，线圈发热会非常的快，热敏电阻检测温度有滞后性，温度保护就可能跟不上。

3.3编码器功能说明

电机端和输出端编码器使用的都是 14 位磁编码器，经过实际测量角度精度最高只能达到 0.1 度，由于编码器品质问题，有的甚至精度只有 0.2 度，此结果已经对比过数款市面上常见的使用 1 对极磁铁反馈的磁阻编码器，常见磁阻编码器均在这个精度。

电机能实时反馈输出端的位置，实际是 0~360°，为了利于统一坐标系。

分割成 $-180^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 。但是电机只有单圈记忆功能，举例：电机通电此时角度为 170° ，保持通电，将电机逆时针转动 20° ，那么电机角度是 190° ，若在电机 170° 时断电，逆时针转动 20° ，上电读取电机角度为 -170° ，顺时针转动 20° ，则上电后读取角度为 150° 。

3.4使用电压和电源说明

电机使用电压范围是 $17\sim 57V$ 。 $57V\sim 60V$ 驱动会报警，超过 $60V$ 可能会损坏驱动，低于 $16V$ 驱动无法开机。

在带载情况下，尽量使用电池供电，保证有足够的供电能力和能量回流渠道，若使用桌面实验室电源、开关电源、自制电源管理模块等设备供电时，注意加入足够耐压和容量的电容，保证能量能回流，否则易烧驱动，或者使得驱动报警或重启，重启是硬件保护的作用，若不重启，容易损坏驱动硬件导致无法再用。

在使用桌面实验室电源、开关电源、自制电源管理模块等设备供电时，易导致驱动无法顺利开机启动，主要原因是驱动电压保护机制，此类设备电压有爬坡过程，驱动判断为供电不稳定，解决方案为更换电池供电或联系官方技术支持。

产品供电接口和电流说明产品供电接口为AMASS生产的XT30接头，额定电流为 $15A$ ，峰值 $30A$ 。供电接口电流对驱动而言为母线电流，电机实际控制时是相电流，因为相电流与电机电力矩成线性关系。若需要获取电机功率、母线电流等状态，可发送相关读取指令获取。

3.5通信使用说明

CAN 波特率为 $1M$ ，标准帧，CAN 控制频率最高可达 $2000Hz$ ，发送一帧结束，最快 $0.4ms$ 收到反馈数据帧。系统有心跳保护，时间间隔为 $500ms$ ，即发送一次CAN 控制指令后若间隔 $500ms$ 未收到第二帧控制指令，电机自动停止运动。

首次使用电机，建议查询电机ID 或重置ID 再进行控制，出厂时大部分参数和设置可直接使用，用户尽量在有经验情况下修改。配置好的电机等待驱动顺利开机后（至少 $5s$ ）可直接发送控制指令，期间也可随时更改配置。

对驱动发送如下设置指令时，需延迟 $500ms$ 以上再发送第二个CAN 指令。

设置通信模式

设置当前点为零点

设置电机ID

若未延迟 $500ms$ 以上，则可能设置失败。

CAN 控制和 USB 控制不能同时使用，若同时使用，CAN 控制优先，但是不能完全屏蔽 USB。可以使用 CAN 控制，同时使用 USB 观看电机反馈数据。

3.6 指示灯说明

绿灯微亮：正常上电。

绿灯增强：正常接收到 CAN 指令并运行正常。

红灯微亮：电机遇到错误。具体错误信息可通过 CAN 查询或 VESC tool 查看。

4.电机模式简介

4.1力位混控模式

发送该指令调用的是力位混合控制，最终输出电流给电机，电流由如下三个部分组成：

$$\begin{aligned} motor_current = & \\ & (KP * (pos_desired - pos_current) + \\ & KD * (spd_desired - spd_current) + Torque) / K_T \end{aligned}$$

其中指令中的 KP、KD 参数是随时更改的参数，KT 是电机扭矩常数。本模式主要用于足式机器人的控制。空载下 KP 参考值为 15，KD 参考值为 0.5。(不同型号电机对应的电流范围、扭矩范围是不同的)

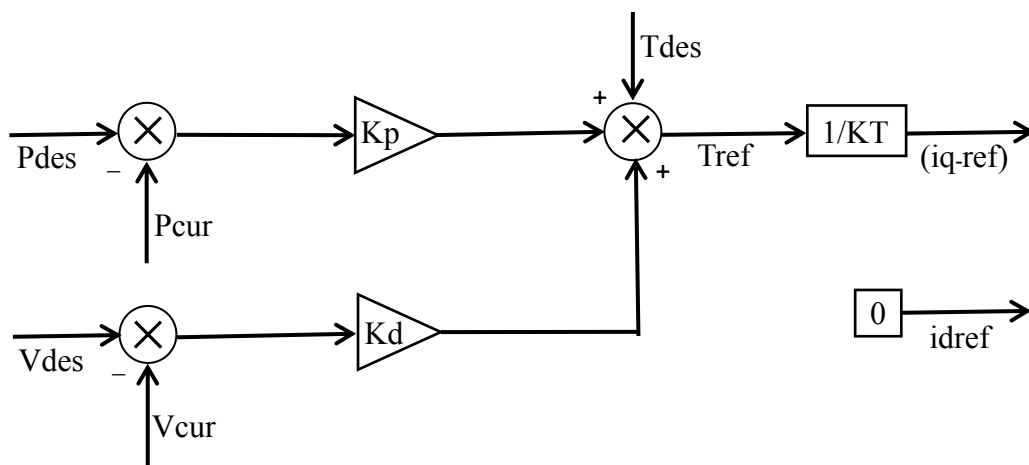


图 4-1

4.2 伺服位置控制模式

给定期望位置大于 ± 180 度，即可多圈转，但是重启上电会重置圈数。

伺服控制模式为三环控制，最内环为电流环，电流环主要有 PI 控制器控制，参数用户不可更改。位置环控制其实为 KP、KD 控制，KP 在此系统中称为反馈补偿增益，KD 称为阻尼系数。内环速度环调用伺服控制模式速度控制，采用的是本团队自行研发的自适应算法，不用频繁改参数去适应负载。位置环的 KP、KD 对应 VESC tool 软件中的取值范围为 0~0.1，参考值 KP: 0.006，KD: 0。

伺服位置控制有三个输入参数，分别为期望位置 P、期望速度 V 和电流阈值 I，即电机从当前位置 P0 按期望的速度 V 运转。到期望位置 P，从 P0 到 P 的过程中，速度最大值为 V，在 P0 和 P 特别小，而 V 设置的过大的情况下，实际运行时速度可能无法达到 V。同时在 P0 到 P 过程中，电机的最大电流为 I，及产生的最大扭矩 $T_{\max} = I \times \text{扭矩常数}$ 。若遇到的负载超过该扭矩，则电机堵转并保持力矩 T_{\max} 。

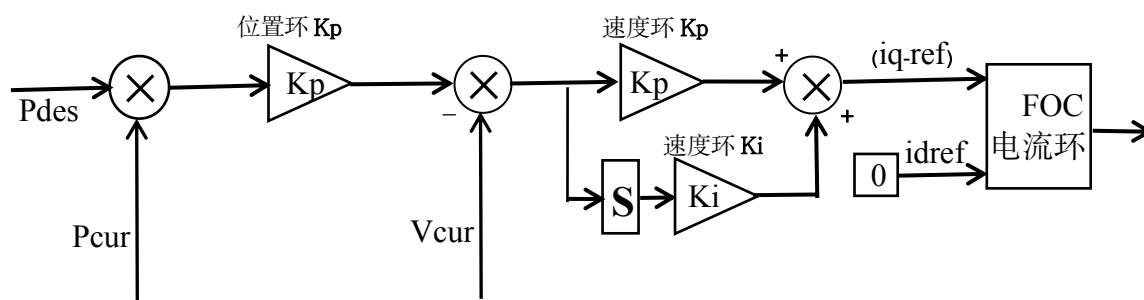


图 4-2

4.3 伺服速度控制模式

速度环控制为磁链观测控制，参数较多，提供给客户更改的参数为**磁链观测增益**和**扰动补偿系数**，磁链观测增益建议取值范围为 0.0001~1，参考值为 0.12，扰动补偿系数建议取值范围为 0~1，参考值为 0.08。使用出厂设置的值，经过测试已能适应大部分负载情况，建议用户不要随意改变该值，在有相关经验后或在官方技术指导下再更改（以上所述取值范围均对 VESC tool 上的设置而言，对于 CAN 中的设置范围请查看通信协议）。

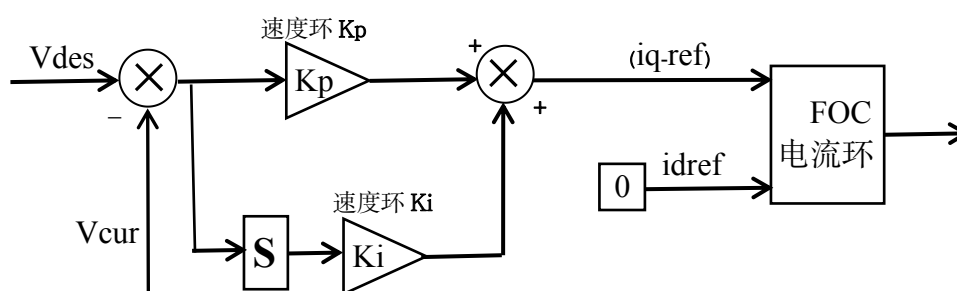


图 4-3

4.4 电流/力矩控制模式

用电流/力矩控制电机时，电机只要转动，必然会持续加速至最高速，调试时应当注意安全！

4.5 电机刹车控制

电机刹车有三种模式，分别为变阻尼制动控制模式、能耗制动模式、再生制动模式。能耗制动和再生制动模式建议在空载或者轻载情况下使用，变阻尼制动模式其实调用的是电机占空比为 0 指令，类似于三相短接的效果，可在有载情况下使用。最建议的是使用速度环的控制来制动刹车。

5.CAN 通信协议

USB 转 CAN 分析仪推荐购买链接: [CAN 分析仪 CANOpen J1939 DeviceNet USBCAN-2](#)

USB 转 CAN 兼容 zlg

5.1 CAN 通信参数

波特率: 1M

标识符: 标准标识符 (0x01~0x7FF), 0x7FF 为电机设置指令和电机查询指令专用标识符, 其余为电机 ID。

数据长度: 4~8 字节

通信模式: 问答模式

5.2 电机零点设置指令

标识符: 0x7FF (主从收到的标识符都是 0x7FF)

主控发送数据长度: 4 字节

电机反馈数据长度: 4 字节

CAN 指令数据域——设置当前位置为零点			
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3
电机 ID 高 8 位	电机 ID 低 8 位	0x00 (表示控制器发送的指令)	0x03
设置成功返回 (标识符: 0x7FF)			
电机 ID 高 8 位	电机 ID 低 8 位	0x01 (表示是电机的报文)	0x03
设置失败返回 (标识符: 0x7FF)			
电机 ID 高 8 位	电机 ID 低 8 位	0x01 (表示是电机的报文)	0x00

两种模式均有效, 切换通信模式后仍然有效。注意! 电机圈数也重新为 0!

以下情况设置失败:

- 1.电机处于运行中, 速度不为 0 (实际只要电机速度小于一定速度即可)。
- 2.电机未执行完上一条指令。
- 3.电机有警报。高温警报、编码器错误警报等。

要顺利设置零点, 设置前将电机运行到期望位置, 保持位置不变。再发送设置零点指令。

5.3电机 CAN 通信 ID 设置指令

标识符：0x7FF（主从收到的标识符都是 0x7FF）

主控发送数据长度：6 字节

电机反馈数据长度：4 字节

CAN 指令数据域——设置电机 ID					
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte5
旧电机 ID 高 8 位	旧电机 ID 低 8 位	0x00	0x04	新电机 ID 高 8 位	新电机 ID 低 8 位
设置成功返回（标识符：0x7FF）					
新电机 ID 高 8 位	新电机 ID 低 8 位	0x01	0x04		
设置失败返回（标识符：0x7FF）					
旧电机 ID 高 8 位	旧电机 ID 低 8 位	0x01	0x00		

5.4电机 CAN 通信 ID 重置指令

标识符：0x7FF（主从收到的标识符都是 0x7FF）

主控发送数据长度：6 字节

电机反馈数据长度：6 字节

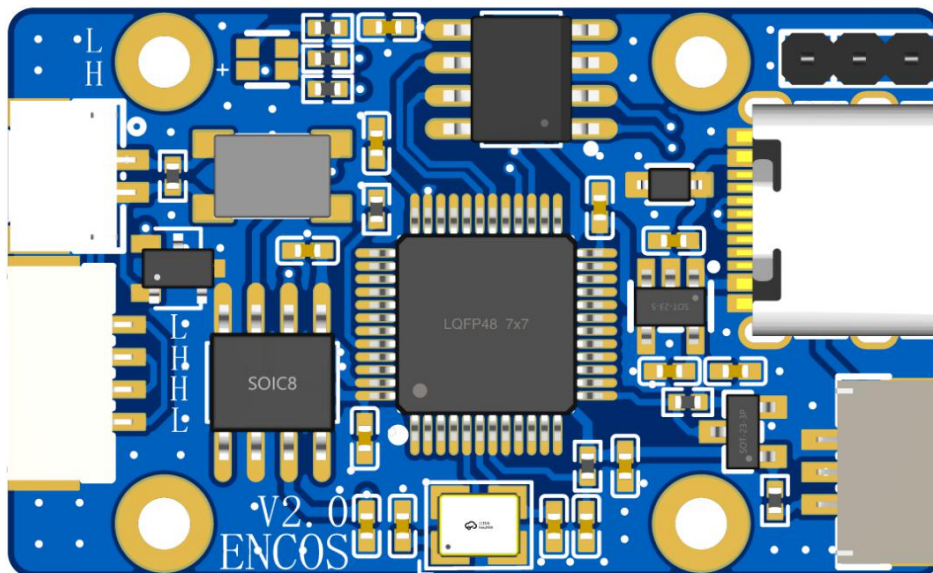
两种模式下重置电机 ID 为 0x01					
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte5
0x7F	0x7F	0x00	0x05	0x7F	0x7F
设置成功返回（标识符：0x7FF） 数据长度：6 字节					
0x7F	0x7F	0x01	0x05	0x7F	0x7F
设置失败则无应答					

首次使用推荐重置 ID 为 1，再发送 ID 修改指令修改至想设置的 ID 号。

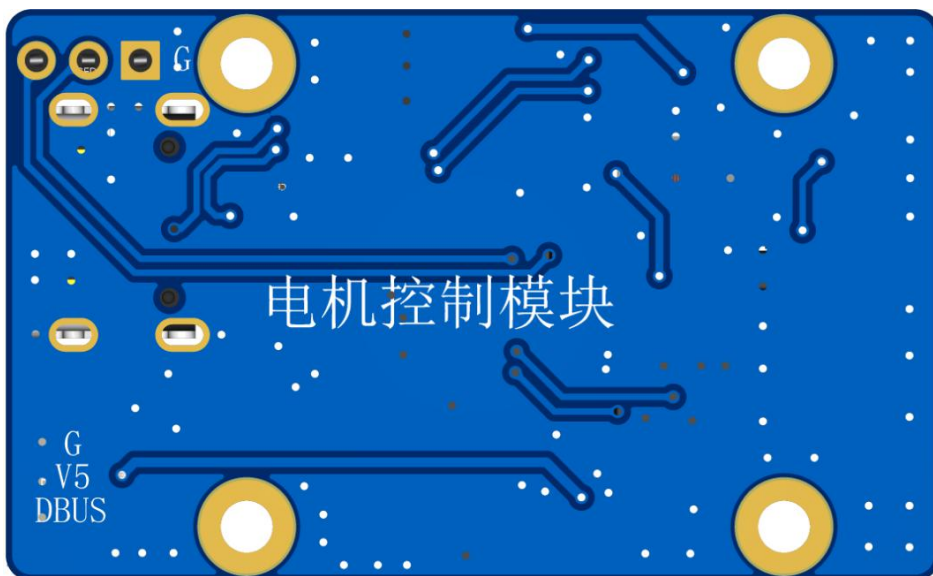
6.使用 USB-CAN 模块调试

为方便用户调试电机，我们开发了上位机软件搭配自制的 USB-CAN 模块进行可视化调试电机。

6.1控制模块连接



正面



背面

- 1.模块使用 TYPE-C 数据线连接至电脑端，模块上电，LED 灯显示红灯，开始数据传输 LED 灯开始闪烁。
- 2.以上图为例模块左侧 2PIN 与 4PIN 输出接口都是 CAN 信号输出接口。
- 3.如果模块能够正常上电，但是上位机无法搜索到串口，请安装文件内的串口驱动。

6.2APP 电机控制界面：

The screenshot displays the APP motor control interface with three motor control panels. Red boxes and numbers 1-6 highlight key features:

- 1: Serial port settings (COM3, 115200).
- 2: Motor ID and model selection.
- 3: Motor enable and mode enable buttons.
- 4: Control mode selection (torque, position, speed, current, torque) and parameter sliders.
- 5: Motor status monitoring (position, speed, current, temperature, error).

- 1: 选择 USB 转 CAN 模块连接的串口，然后打开串口连接模块。
- 2: 选择正确的电机 ID，电机型号可在 5 中“控制参数设置”进行修改。
- 3: 先打开电机使能，使电机上电，在 4 中选择控制模式，设置控制参数，然后打开模式使能，电机将根据设置进行转动；当需要修改控制参数时，先关闭模式使能，再进行控制参数修改。
- 4: 选择不同的电机控制模式，设置控制参数。控制参数最大最小值可在 5 中“控制参数设置”进行修改。
- 5: 选择 APP 不同界面。
- 6: APP 发送的 CAN 数据。

6.3力位混控模式：

力位混控	伺服位置	伺服速度	电流	力矩
KP	20.00	0	0	500
KD	0.50	0	0	5
期望位置	0.00rad	-12.5	-12.5	12.5
期望速度	0.00rad/s	-18	-18	18
前馈扭矩	0.00Nm	-30	-30	30

6.4 伺服位置模式:

目标位置为电机运行后的角度; 期望速度为电机运行转速; 阈值电流为电机运行最大电流限制。

力位混控

伺服位置

伺服速度

电流

力矩

目标位置

0.00°

-360

360

期望速度

50.00rpm

0

200

阈值电流

10.00A

0

10

6.5 伺服速度模式:

期望速度为电机运行转速; 阈值电流为电机运行最大电流限制。

力位混控

伺服位置

伺服速度

电流

力矩

期望速度

50.00rpm

-200

200

阈值电流

10.00A

0

10

6.6 电流模式:

期望电流为电机运行电流, 若电机无负载或负载小, 运行时实际电流无法达到期望电流。

力位混控

伺服位置

伺服速度

电流

力矩

期望电流

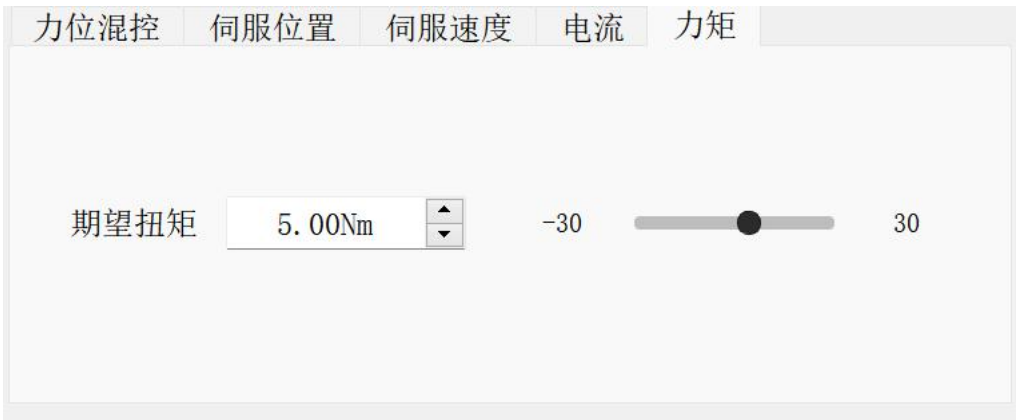
5.00A

-30

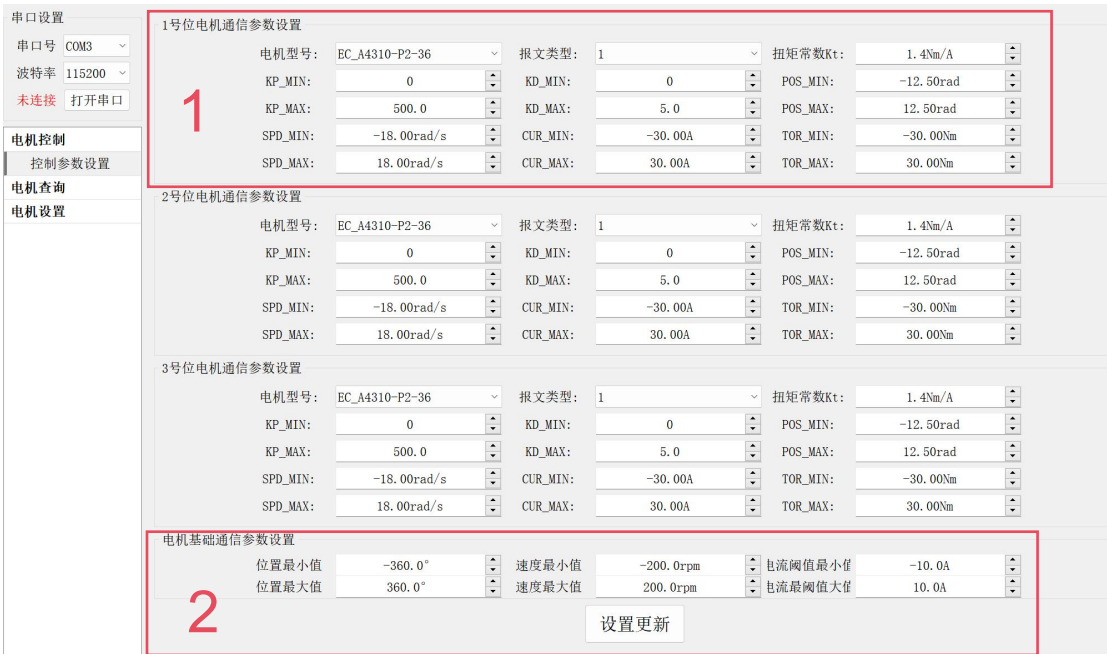
30

6.7 扭矩模式:

期望扭矩为电机运行扭矩, 若电机无负载或负载小, 运行时实际扭矩无法达到期望扭矩。



6.8 控制参数设置界面:



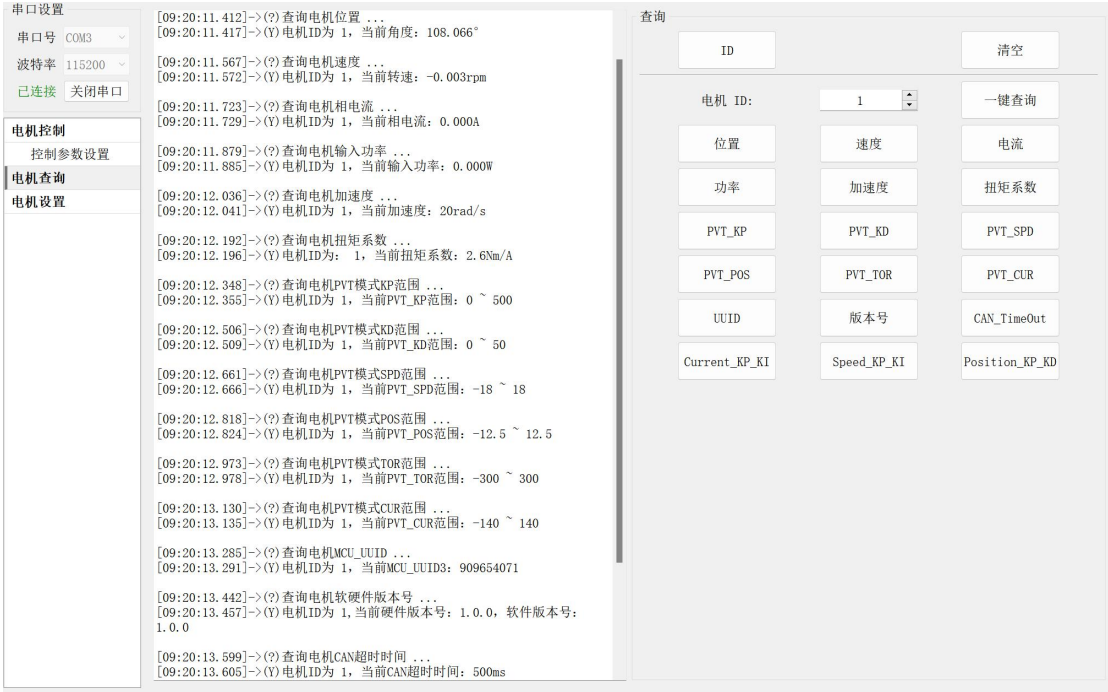
1: 电机通信参数设置: 可以选择不同型号或者不同报文类型。选择型号后会自动修改对应的参数。

2: 电机基础通信参数设置: 可以修改电机控制中的位置、速度、电流的最大最小值。

6.9电机查询界面：



- 1: 查询当前连接的电机 ID。
- 2: 选择电机 ID “1” 后点击一键查询可以查询 ID 为 1 的电机参数。查询效果如下图。



6.10电机设置界面：



基础设置中可以设置电机 ID，设置步骤是先查询当前电机 ID，然后将查询到的 ID 填入旧电机 ID 中，再选择新电机 ID，最后点击 ID 即可设置。点击重置电机 ID 可以将 ID 重置为 1。

6.11PVT 设置界面:

基础设置

PVT设置

PID设置

电机 ID:

1

PVT_KP

最小值:

0.00

最大值:

500.00

PVT_KD

最小值:

0.00

最大值:

5.00

PVT_SPD

最小值:

-18.00rad/s

最大值:

18.00rad/s

PVT_POS

最小值:

-12.50rad

最大值:

12.50rad

PVT_TOR

最小值:

-30.00Nm

最大值:

30.00Nm

PVT_CUR

最小值:

-30.00A

最大值:

30.00A

6.12PID 设置界面:

基础设置

PVT设置

PID设置

电机 ID:

1

电流环

KP:

0.030

KI:

200.000

速度环

KP:

0.00600

KI:

0.10000

位置环

KP:

0.00600

KD:

0.00004

7.使用 VESC tool 调试

本驱动程序是自研 FOC 算法，利用了 VESC tool 的 APP 交互，底层与官方固件完全不同，故在 VESC tool 上的许多参数并不是 VESC tool 上标注的参数，因此参数修改要特别的注意！在不了解 VESC 情况下，建议仅使用上位机做观测器，查看驱动数据。

在 Windows 上使用 VESC tool 调试的步骤如下：

①安装 VCP 驱动，并下载 VESC tool2.06 版本。VCP 驱动和 VESC tool 可向本团队技术支持索要或前往官方下载。

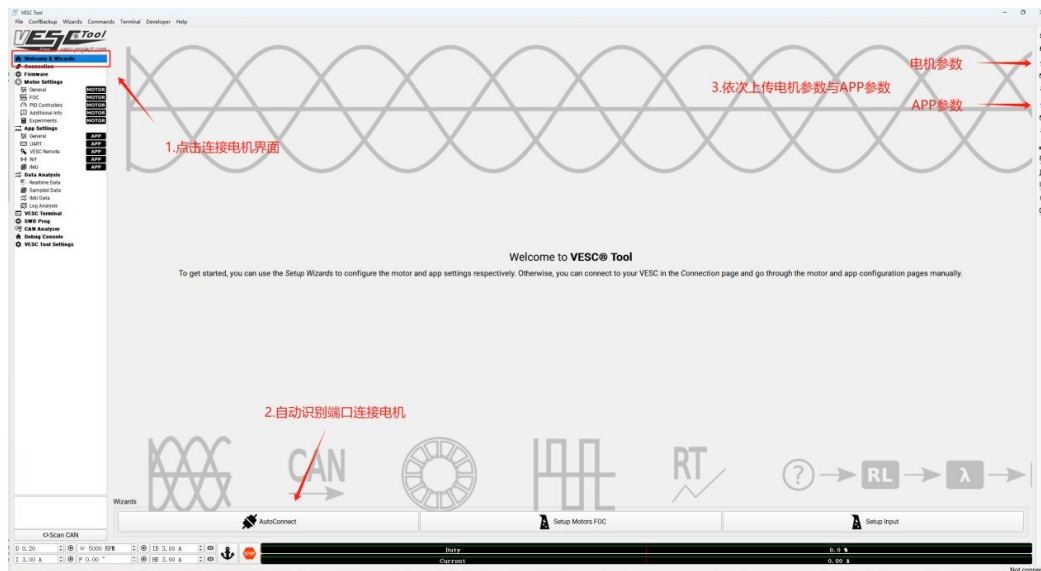
VCP 下载地址：

<https://www.st.com/en/development-tools/stsw-stm32102.html#get-software>

VESC tool 下载地址：

https://vesc-project.com/vesc_tool

②将模组上电（若购买的是驱动器与模组分离的产品，请首先将驱动器与模组正确连接），并使用 micro USB 线将关节模组（连接电机的 micro USB 接口，需要打开电机的驱动盖）与计算机 USB 口连接，打开 VESC tool，电机右上角连接按钮。连接成功后，首先要将电机配置参数和 APP 配置参数上传至 VESC tool（图示箭头按钮），以免误操作替换掉电机中的参数。具体见如下按钮：



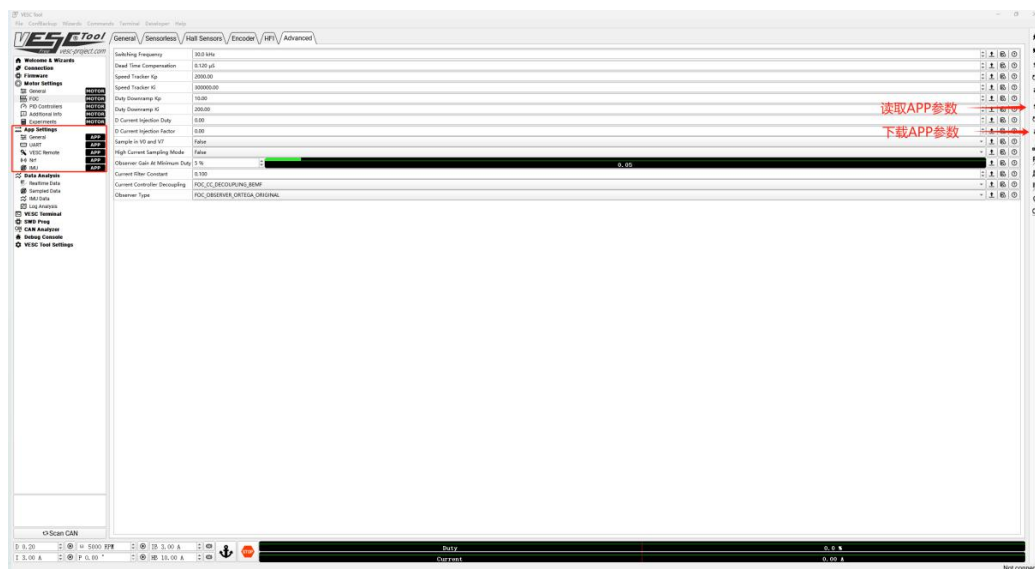
注意！若未上传参数就下载配置，会将驱动中的参数覆盖，导致电机无法顺利运行，甚至损坏电机。部分参数需要实际测试才可获知，部分测试方法可参考文档下列内容。

在测试过程中，请仔细阅读文档后再操作，不当操作可能导致电机损坏，若已将电机损坏，本团队概不负责。

7.1 App Setting

在 App Setting 目录中，目前只有 General 能对应修改部分功能。在修改参数之前，请先点击↑A，读取电机的 App 参数，修改完参数之后，请记得点击↓A，完成参数下载保存。

读取电机的 APP 的参数，会对应保存在左侧 APP Settings 中，修改其中的参数后，点击下载 APP 参数，修改后的参数才会保存到电机内，重启电机后，参数生效。



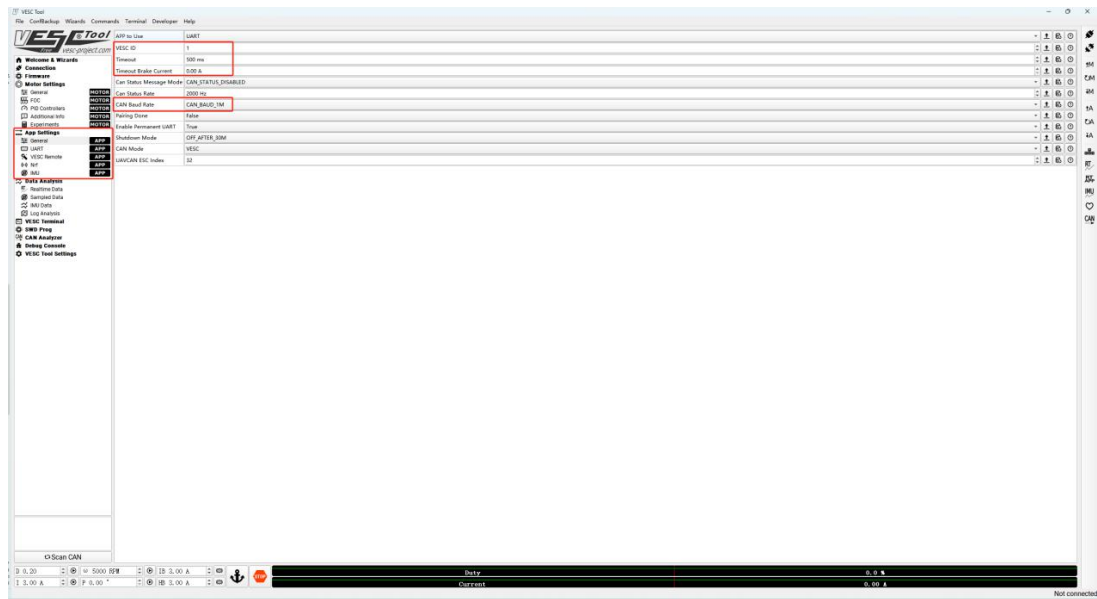
VESC ID：可修改电机的 CAN ID，电机默认 ID 为 1。

Timeout：可修改电机的 CAN 超时保护时间。设置为 0 则表示关闭 CAN 超时保护，此时电机若通信断开，电机将一直执行最后一条指令。默认 Timeout 为 500ms，表示电机当前接收到的指令开始计时，500ms 内未接收到下一条指令，则默认通信断开，电机控制器失能。

Timeout Brake Current：此参数修改电机在通信断开时，电机的刹车电流。举例：当电机在旋转过程中通信突然断开，此时会有一个反向的力会阻止电机旋转，这个阻力的最大值，取决于设定的电流值大小，这个阻力并不是持续恒定的，电机停转后，阻力基本为 0。

Can Baud Rate：可修改电机的 CAN 波特率。

其余参数请保持默认不要随意修改，可能会导致电机通信异常。

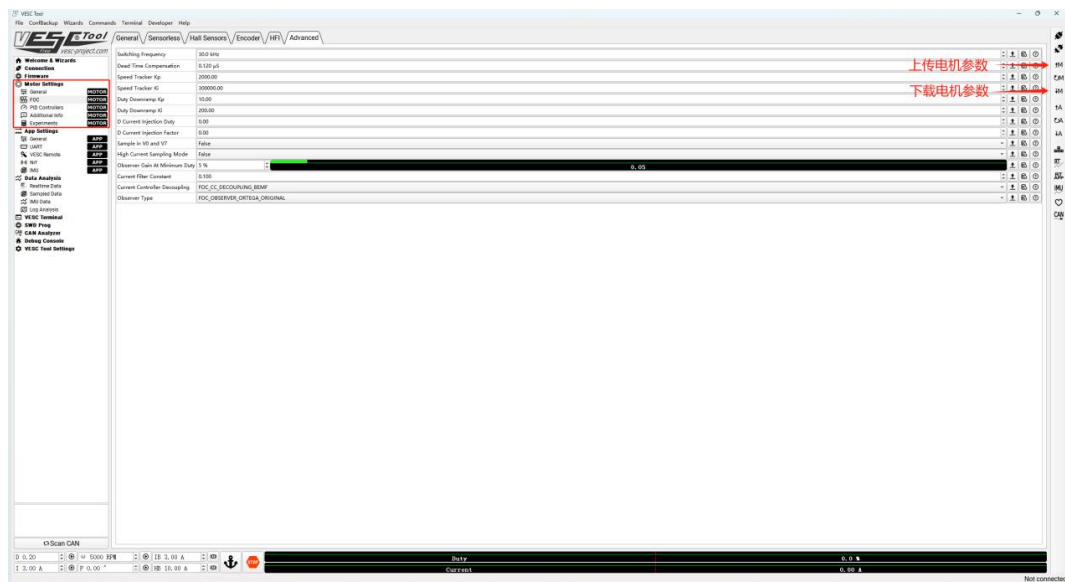


7.2 Motor Setting

在 Motor Settings 目录中，在修改参数之前，请先点击↑M，读取电机的电机参数，修改完参数之后，请记得点击↓M，完成参数下载保存，参数更改之后重启一下电机。

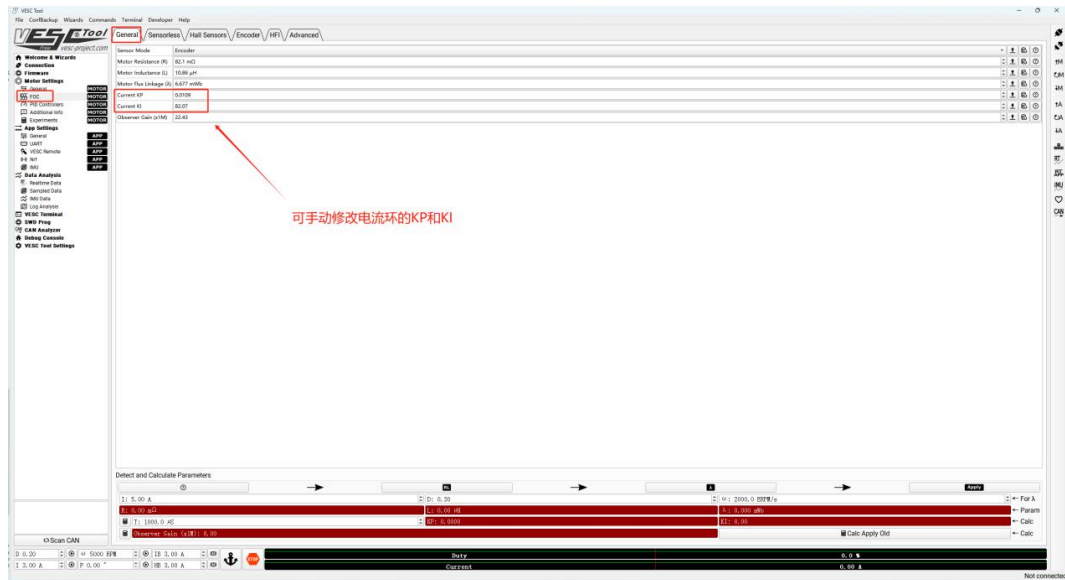
读取电机的 Motor 参数，会对应保存在左侧 Motor Settings 中，修改其中的参数后，点击下载 Motor 参数，修改后的参数才会保存到电机内，重启电机后，参数生效。

在测试电机的时候，电机可能会旋转，所以电机的输出端不要固定安装任何结构。

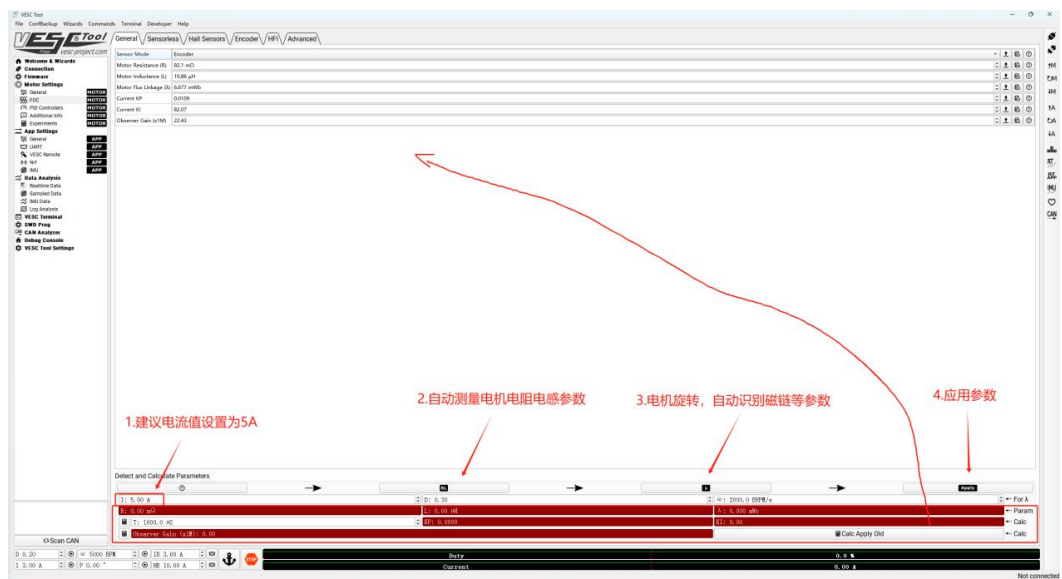


7.2.1 修改电流环 KP 与 KI

Motor Settings 目录下 FOC 中，在 General 中可以修改电流环的参数，此界面下能够自动识别电机的相电阻和相电感等参数，自动计算出电流环的 KP 和 KI 以及观测器增益等参数值，这些值同样也可以手动进行修改。自动识别出的电流环带宽大概在 100Hz 左右。



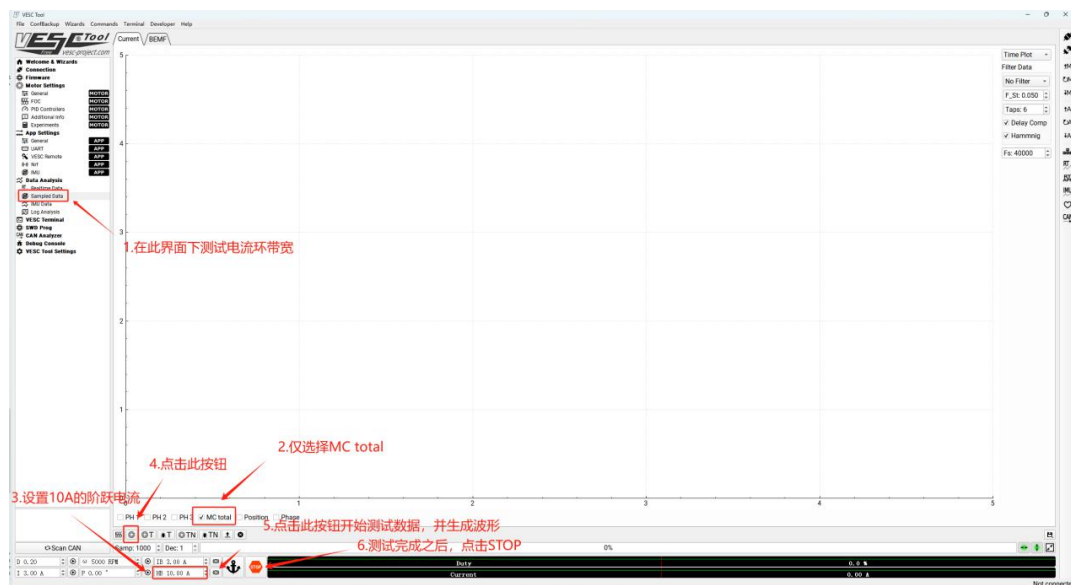
自动识别电流环参数操作如下：



7.2.2 测试电流环响应带宽

在 Data Analysis 目录下，Sampled Data 中可测试修改过电流环 KP 和 KI 之后的阶跃电流信号的响应波形。可用鼠标的滚轮放大和缩小测试后的波形图。电流环带宽频率大致约等于 $0.35/tr$ ， tr 为上升时间，其定义为输出稳定值 10%-90% 的时间差。

第一次测试的波形可能不太正确，建议多次循环 4, 5, 6 三个步骤，重复测试阶跃电流响应波形。

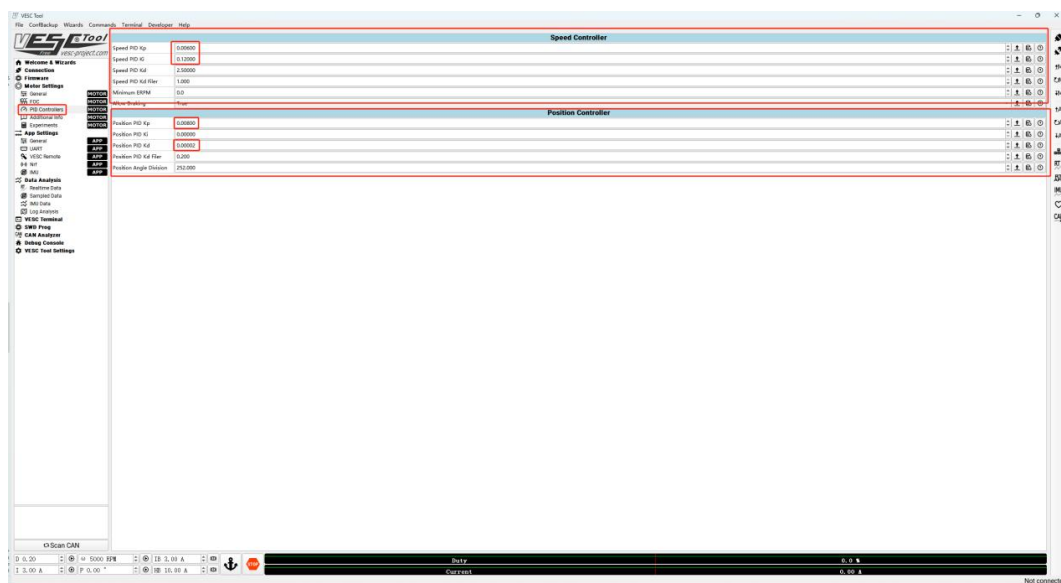


7.2.3 修改伺服速度模式和伺服位置模式的 PID 参数

当使用伺服位置和伺服速度模式时，可通过调整 PID 参数，改变响应效果。

Speed PID Kp 和 Speed PID Ki 对应速度环的 PID 参数，Speed PID Kd 在这里表示的电机的扭矩系数 k_t ，即扭矩与相电流的比值；

Position PID Kp 和 Position PID Ki 对应位置环的 PID 参数。

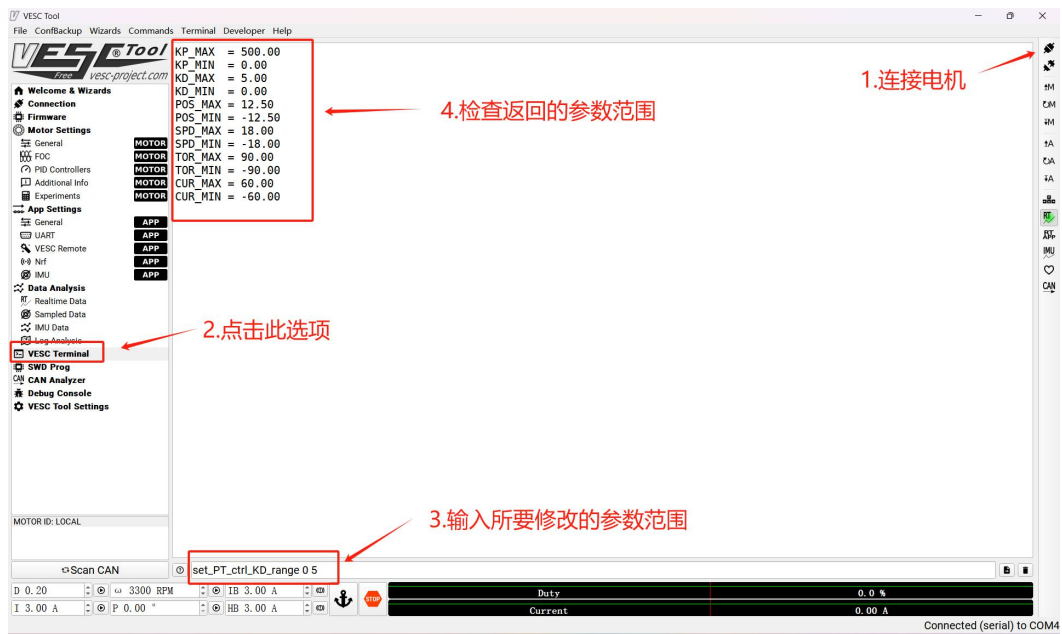


7.3 VESC Terminal

在此界面的对话框中依次输入如下指令，可以修改力位混控模式协议的参数范围，并返回电机所有协议范围。

参考示例：

```
set_PT_ctrl_KP_range 0 500
set_PT_ctrl_KD_range 0 5
set_PT_ctrl_pos_range -12.5 12.5
set_PT_ctrl_spd_range -18 18
set_PT_ctrl_tor_range -400 400
```



电机测试

在左下角的输入框输入数值，并点击输入框右侧小按键，即可测试控制电机。

D 为占空比控制；

ω 为定速控制，注意输入的参数实际为 ERPM； $RPM = ERPM / \text{Motor Poles} / \text{Gear Ratio}$

I 为电流控制；

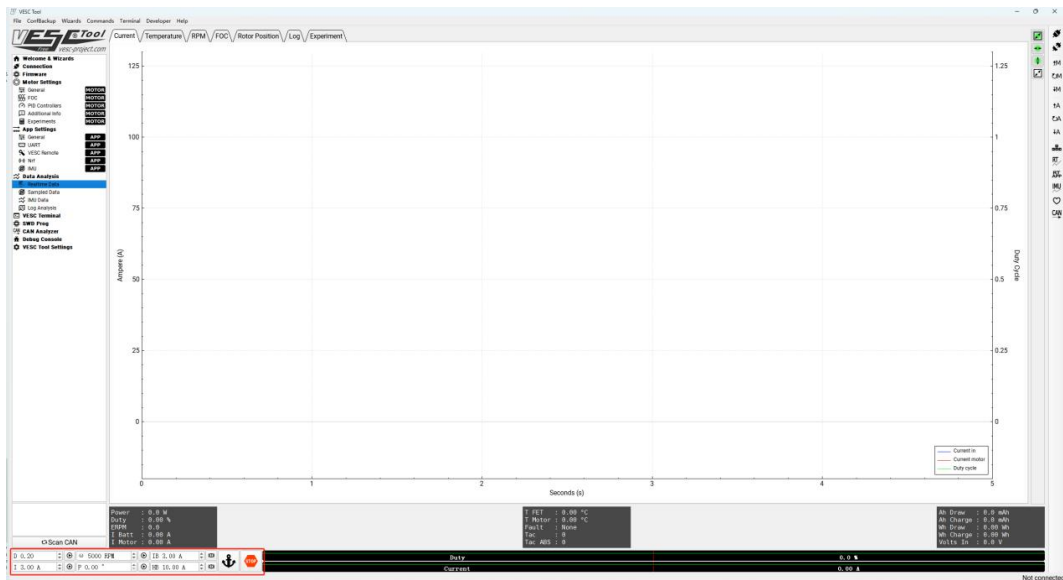
P 为伺服位置环控制；

IB 为再生制动控制；

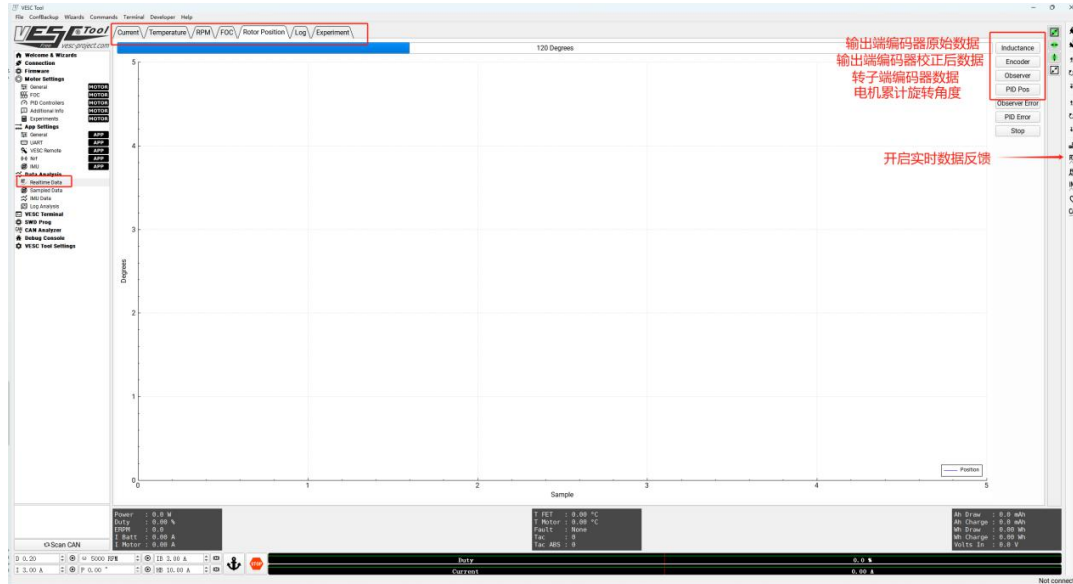
HB 为能耗制动控制；

船锚符号为变阻尼制动，实际调用的是占空比为 0 控制指令；

STOP 为断开指令控制。



在 Data Analysis 界面中能显示电机的实时数据波形，例如，电机的相电流、温度、电转速、编码器角度等信息，在电机测试过程中，可以查看这些数据的变化。只有点击最右侧 RT 功能选项，才能实时的读取电机的数据。



界面的下半部分区域，也能实时的显示电机一些状态数据，如电机的母线电流与相电流、电压、错误信息等。



8.电机查询指令

8.1查询 CAN 通信 ID

标识符：0x7FF（主从收到的标识符都是 0x7FF）

主控发送数据长度：4 字节

电机反馈数据长度：成功 5 字节、失败 4 字节

CAN 指令数据域——查询电机通信模式				
Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4
0xFF	0xFF	0x00(表示控制器发送的指令)	0x82	
查询成功返回（标识符：0x7FF），数据长度 5 字节				
0xFF	0xFF	0x01（表示是电机的报文）	电机 ID 高 8 位	电机 ID 低 8 位
查询失败返回（标识符：0x7FF），数据长度 4 字节				
0x80	0x80	0x01（表示是电机的报文）	0x80	

注意！挂在一个 CAN 总线上的电机均需要处理 0X7FF 的数据帧，通过帧数据区间里包含的 ID 识别是否为对其设置的指令，接收到对其设置指令的电机发送应答，其余电机不发送设置帧应答（如果该电机本身就处于自动报文状态，应答后保持原样正常发送）。当许多电机处于自动报文模式下，CAN 有可能繁忙，因此可能需要发送数次设置指令，收到应答，以确保设置成功。

9.电机控制相关指令

数据在 CAN 数据域中的存放的规则遵守高位在前，低位在后的存放方式，具体数据拆分存放细节和解析见附录 2 或向本团队技术索要例程。

驱动接收到的数据不进行限幅处理，相关控制由系统参数进行自动限幅，如：在电流控制模式中，CAN 给定电流数值为 5000，表示实际控制电流 50A，但是系统已经设置最大电流为 30A，则实际到电机控制时，给定的是 30A。其他相关控制参数范围可见产品说明书中的参数说明。

更多关于控制功能细节描述参考相关产品的说明书中的产品说明及功能描述。

9.1问答通信模式控制指令

9.1.1 力位混控模式指令

标识符: Motor ID		数据长度: 8 字节(共 64 位)			
电机模式 uint3	参数 KP uint12	参数 KD uint9	期望位置 uint16	期望速度 uint12	前馈扭矩 uint12
0x00	0~4095	0~511	0~65535	0~4095	0~4095

发送该指令调用的是力位混合控制，最终输出电流给电机，电流由如下三个部分组成：

$$\begin{aligned} motor_current = & \\ & (KP*(pos_desired - pos_current) + \\ & KD*(spd_desired - spd_current) + Torque) / K_T \end{aligned}$$

举例说明：以 EC-A4310-P2-36 为例

参数 KP 数值范围：0~4095 对应 0.0f~500.0f。

参数 KD 数值范围：0~511 对应 0.0f~5.0f。

输出端期望位置数值范围：0~65535 对应-12.5rad~12.5rad。

输出端期望速度数值范围：0~4095 对应-18.0rad/s~18.0rad/s。

电机前馈扭矩数值范围：0~4095 对应对应-30Nm~30Nm。。

驱动收到该指令，只返回 1 类型报文，无法选择返回其他类型报文。

不同型号电机的协议解析范围有差异，请参考下表或与技术人员进行确认。

EC系列力位混控协议范围 2025.01.15									
	KP Range	KD Range	SPD Range(rad/s)	POS Range(rad)	Tor Range(Nm)	Cur Range(A)	kt		
EC-A4310-P2-36	0~500	0~5	-18~18	-12.5~12.5	-30~30	-30~30	1.4		
EC-A4315-P2-36					-70~70	-30~30	2.8		
EC-A6408-P2-25					-60~60	-60~60	2.35		
EC-A8112-P1-18					-90~90	-60~60	2.1		
EC-A8116-P1-18					-150~150	-70~70	2.35		
EC-A10020-P1-12/6		0~50			-150~150	-70~70	2.5/1.7		
EC-A10020-P2-24					-300~300	-140~140	2.6		
EC-A13720-P1-11.4					-400~400	-220~220	2.5		
EC A13715-P1-12.67					-320~320	-220~220	2.5		
备注	从2025/1/15日起，后续标红型号电机，出厂时KD范围默认修改为0到50								

提示：空载时测试实验的参考数值如下：KP=15.0f, KD=0.5f, 期望速度：0，前馈扭矩：0

表 9-1

9.1.2 伺服位置控制模式指令

标识符: Motor ID 数据长度: 8 字节(共 64 位)				
电机模式 uint3	期望位置 (pos) float32	期望速度 (spd) uint15	电流阈值 (cur) uint12	报文返回状态 (ack) uint2
0x01	单位: 度	0~32767	0~4095	0~3

电机模式: 0x01, 表示此控制指令为伺服位置控制指令。

输出端期望位置数值解释: 数值即为实际角度, 单位为度, 例: 120.5 表示 120.5°。

输出端期望速度数值解释: 0~32767 对应 0~3276.7rpm, 比例为 10。

电机电流阈值数值范围: 0~4095 对应 0~409.5A, 比例为 10。

报文返回状态:

- 0: 不返回
- 1: 返回报文类型 1
- 2: 返回报文类型 2
- 3: 返回报文类型 3

9.1.3 伺服速度控制模式指令

标识符: Motor ID 数据长度: 7 字节(共 56 位)				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint3	报文返回状态 uint2	输出端期望速度 float32	电流阈值 uint16
0x02	0	0~3		0~65535

电机模式: 0x02, 表示此控制指令为伺服速度控制指令。

预留控制状态: 必须为 0! 若不为 0, 可正常控制, 但是不管返回状态设置的事多少, 都不会返回报文。

报文返回状态:

- 0: 不返回
- 1: 返回报文类型 1
- 2: 返回报文类型 2
- 3: 返回报文类型 3

输出端期望速度数值解释: CAN 数值与实际转速一一对应 (RPM) 。

电机电流阈值数值解释: 0~65535 对应 0~6553.5A, 比例为 10。

9.1.4 电流、力矩控制模式和刹车控制指令

标识符: Motor ID		数据长度: 3 字节(共 24 位)	
电机模式 uint3	预留控制状态 uint3	报文返回状态 uint2	期望电流/期望力矩 int16
0x03	0~7	0~3	-32768~32767

预留控制状态:

- 0: 正常电流控制
- 1: 力矩控制模式
- 2: 变阻尼制动控制模式, 此时其实电流数据自动忽略
- 3: 能耗制动控制模式, 此时期望电流为设置的刹车电流阈值
- 4: 再生制动控制模式, 此时期望电流为设置的刹车电流阈值
- 5: 保留 (目前无效)
- 6: 保留 (目前无效)
- 7: 保留 (目前无效)

报文返回状态:

- 0: 不返回
- 1: 返回报文类型 1
- 2: 返回报文类型 2
- 3: 返回报文类型 3

期望电流: -32768~32767 对应-327.68~327.67A。

期望力矩: -32768~32767 对应-327.68~327.67Nm。

(力矩 = 相电流 * 转矩常数, 转矩常数参考产品手册)

9.1.5 刹车抱闸控制指令

标识符: Motor ID		数据长度: 2 字节(共 16 位)
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	期望刹车状态 uint8
0x04	0~7	1 (刹车打开) /0 (刹车关闭)
查询成功返回 (标识符: Motor ID), 数据长度 2 字节		
uint8		刹车状态 uint8
0xB2		1 (刹车打开) /0 (刹车关闭)

电机模式: 0x04, 表示此控制指令为刹车抱闸控制指令。

预留控制状态: 保留 (目前无效)

9.2 电机控制参数配置指令

在电机温度过高、过压等报错时配置会失败。只要在保证运行安全的情况下，可跟其他控制指令一样频繁发送更改，但是要注意控制效果，若是因为不熟练操作频繁修改该参数造成的损失，本团队不负责。因此建议不要在电机运行过程中修改参数，或电机空载时修改，或不频繁修改。

9.2.1 电机加速度配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 4 字节(共 32 位)				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint3	报文返回状态 uint2	配置代码 uint8	加速度数值 uint16
0x06	0	0~3	0x01	加速度数值

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

报文返回状态: 0: 不返回

1: 返回报文类型 4

2: 不返回, 并且驱动不响应, 设置失败

3: 不返回, 并且驱动不响应, 设置失败

配置代码:

0x00: 保留, 目前无效

0x01: 表示该指令为配置系统加速度

加速度数值: 0~2000 对应 0~20rad/s², 内部已限幅。加速度减小, 运行会更柔和, 但是过小易超调, 系统默认值为 2000。

9.2.2 电机扭矩系数配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 4 字节			
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16
0x06	0	0x04	扭矩系数值 * 100

查询成功返回 (标识符: Motor ID), 数据长度 5 字节			
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16
0xFF	0xFE	0x04	扭矩系数值 * 100

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x04: 表示该指令为配置电机扭矩系数。

电机扭矩系数: 250 对应 2.5, 比例 100。

9.2.3 电机力位混控协议 KP 配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16	配置数值 uint16
0x06	0	0x05	KP MIN 数值	KP MAX 数值
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16	uint16
0xFF	0xFE	0x05	KP MIN 数值	KP MAX 数值

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x05: 表示该指令为配置电机力位混控协议 KP。

力位混控协议 KP MIN: 0 对应 0, 比例 1。

力位混控协议 KP MAX: 500 对应 500, 比例 1。

9.2.4 电机力位混控协议 KD 配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16	配置数值 uint16
0x06	0	0x06	KD MIN 数值	KD MAX 数值
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16	uint16
0xFF	0xFE	0x06	KD MIN 数值	KD MAX 数值

电机模式 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码: 0x06: 表示该指令为配置电机力位混控协议 KD。

力位混控协议 KD MIN: 0 对应 0, 比例 1。

力位混控协议 KD MAX: 50 对应 50, 比例 1。

9.2.5 电机力位混控协议位置配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 int16	配置数值 int16
0x06	0	0x07	POS MIN 数值 * 100	POS MAX 数值 * 100
查询成功返回 (标识符: Motor ID), 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	int16	int16
0xFF	0xFE	0x07	POS MIN 数值 * 100	POS MAX 数值 * 100

电机模式 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x07: 表示该指令为配置电机力位混控协议位置范围。

力位混控协议 POS MIN: -1250 对应-12.5 (rad), 比例 100。

力位混控协议 POS MAX: 1250 对应 12.5 (rad), 比例 100。

9.2.6 电机力位混控协议速度配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 int16	配置数值 int16
0x06	0	0x08	SPD MIN 数值 * 100	SPD MAX 数值 * 100
查询成功返回 (标识符: Motor ID), 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	int16	int16
0xFF	0xFE	0x08	SPD MIN 数值	SPD MAX 数值 * 100

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x08: 表示该指令为配置电机力位混控协议速度范围。

力位混控协议 SPD MIN: -1800 对应-18 (rad/s), 比例 100。

力位混控协议 SPD MAX: 1800 对应 18 (rad/s), 比例 100。

9.2.7 电机力位混控协议扭矩配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 int16	配置数值 int16
0x06	0	0x09	TOR MIN 数值 * 10	TOR MAX 数值 * 10
查询成功返回 (标识符: Motor ID), 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	int16	int16
0xFF	0xFE	0x09	TOR MIN 数值 * 10	TOR MAX 数值 * 10

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x09: 表示该指令为配置电机力位混控协议扭矩范围。

力位混控协议 TOR MIN: -900 对应-90 (Nm) , 比例 10。

力位混控协议 TOR MAX: 900 对应 90 (Nm) , 比例 10。

9.2.8 电机力位混控协议电流配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 int16	配置数值 int16
0x06	0	0x0a	CUR MIN 数值 * 10	CUR MAX 数值 * 10
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	int16	int16
0xFF	0xFE	0x0a	CUR MIN 数值 * 10	CUR MAX 数值 * 10

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x0a: 表示该指令为配置电机力位混控协议电流范围。

力位混控协议 CUR MIN: -900 对应-90 (A) , 比例 10。

力位混控协议 CUR MAX: 900 对应 90 (A) , 比例 10。

9.2.9 电机 CAN 超时时间配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 4 字节			
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16
0x06	0	0x0b	超时时间数值
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 5 字节			
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16
0xFF	0xFE	0x0b	超时时间数值

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x0b: 表示该指令为配置电机 CAN 超时时间。

电机 CAN 超时时间: 500 对应 500 (ms) , 比例 1。

时间设置为 0 时即关闭 CAN 超时保护。

9.2.10 电机电流环 PI 配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16	配置数值 uint16
0x06	0	0x0c	Current KP 数值*10000	Current KI 数值 * 10
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16	uint16
0xFF	0xFE	0x0c	Current KP 数值*10000	Current KI 数值 * 10

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x0c: 表示该指令为配置电机电流环 PI。

电流环 Current KP: 100 对应 0.01, 比例 10000。

电流环 Current KI: 500 对应 50, 比例 10。

9.2.11 电机速度环 PI 配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16	配置数值 uint16
0x06	0	0x0d	Speed KP 数 值 * 100000	Speed KI 数值 * 100000
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16	uint16
0xFF	0xFE	0x0d	Speed KP 数值 * 100000	Speed KI 数值 * 100000

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x0d: 表示该指令为配置电机速度环 PI。

电流环 Speed KP: 600 对应 0.006, 比例 100000。

电流环 Speed KI: 10000 对应 0.1, 比例 100000。

9.2.12 电机位置环 PD 配置指令

标识符: Motor ID 数据长度: 6 字节				
电机模式 uint3	预留控制状态 uint5	配置代码 uint8	配置数值 uint16	配置数值 uint16
0x06	0	0x0e	Position KP 数值 *100000	Position KD 数值 *100000
查询成功返回 (标识符: Motor ID) , 数据长度 7 字节				
uint8	uint8	配置代码 uint8	uint16	uint16
0xFF	0xFE	0x0e	Position KP 数值 *100000	Position KD 数值 *100000

电机模式: 0x06, 表示该指令为电机参数配置指令

预留控制状态: 必须设置为 0, 否则驱动会不响应, 配置失败。

配置代码 0x0e: 表示该指令为配置电机位置环 PD。

位置环 Position KP: 600 对应 0.006, 比例 100000。

位置环 Position KD: 4 对应 0.00004, 比例 100000。

9.3 电机控制参数查询指令

标识符: Motor ID 数据长度: 2~8 字节		
电机模式 uint3	保留数据域 uint5	查询代码 uint8
0x07	0~31 目前无效	0: 保留, 目前无效
		1: 查询当前位置
		2: 查询当前速度
		3: 查询当前电流
		4: 查询当前功率
		5: 查询当前加速度
		6: 查询当前磁链观测增益
		7: 查询当前扰动补偿系数
		8: 查询反馈补偿系数
		9: 查询阻尼系数
		22: 查询扭矩系数
		23: 查询力位混控协议 KP 范围
		24: 查询力位混控协议 KD 范围
		25: 查询力位混控协议 POS 范围
		26: 查询力位混控协议 SPD 范围
		27: 查询力位混控协议 TOR 范围
		28: 查询力位混控协议 CUR 范围
		29: 查询 MCU_UUID
		30: 查询软件版本号与硬件版本号
		31: 查询 CAN 超时保护时间
		32: 查询电流环 KP 和 KI
		33: 查询速度环 KP 和 KI

		34: 查询位置环 KP 和 KD 35: 36: 37: 查询刹车抱闸状态
--	--	---

10.问答模式反馈报文

返回报文包括控制指令返回报文、配置指令返回报文和查询指令返回报文。数据在 CAN 数据域中的存放的规则遵守高位在前，低位在后的存放方式，具体数据拆分存放细节和解析见附录或向本团队技术索要例程。

报文格标识符：Motor ID

数据长度：2~8 字节

数据域格式如下：

Byte0[5:7]	Byte0[0:4]	Byte1	Byte2~Byte7
报文类型 0: 保留 1: 控制指令返回报文 1 2: 控制指令返回报文 2 3: 控制指令返回报文 3	电机错误信息 0: 无错误 1: 电机过热 2: 电机过流 3: 电机电压过高 4: 电机电压过低 5: 电机编码器错误 6: 电机刹车电压过高 7: DRV 驱动错误	电机数据	
4: 配置指令返回报文		配置代码	0: 表示错误 1: 表示配置成功
5: 查询指令返回报文		查询代码	查询的数据

10.1问答通信模式返回报文类型 1

标识符：MotorID 数据长度：8 字节(共 64 位)						
报文类 uint3	错误信息 uint5	电机位置 uint16	电机速度 uint12	实际电流 uint12	电机温度 uint8	MOS 温度 uint8
0x01	0~7	输出端位置	输出端转速	电机相电流	0~255	0~255

报文类型：0x01，表示此帧为 1 类型报文。

电机错误信息：参考错误信息表。

输出端位置数值范围：0~65535 对应-12.5f~12.5f，单位 rad。

输出端转速数值范围：0~4095 对应-18.0f~18.0f，单位 rad/s。

实际电流：0~4095 对应对应表 9-1 中的电流范围。

电机温度：反馈的数值数据类型为无符号 8 位，数值等于实际温度*2+50。

MOS 温度：反馈的数值数据类型为无符号 8 位，数值等于实际温度*2+50。

10.2问答通信模式返回报文类型 2

标识符: MotorID 数据长度: 8 字节(共 64 位)				
报文类 uint3	错误信息 uint5	电机位置 float32	实际电流 int16	电机温度 uint8
0x02	0~7	输出端位置	电机相电流	0~255

报文类型: 0x02, 表示此帧为 2 类型报文。

电机错误信息: 参考错误信息表。

输出端位置数值范围: 数值即为实际角度, 单位为度, 例: 120.5 表示 120.5°。

电机相电流数值范围: -32768~32767 对应-327.68~327.67A。

电机温度: 反馈的数值数据类型为无符号 8 位, 数值等于实际温度*2+50。

10.3问答通信模式返回报文类型 3

标识符: MotorID 数据长度: 8 字节(共 64 位)				
报文类 uint3	错误信息 uint5	电机速度 float32	实际电流 int16	电机温度 uint8
0x03	0~7	输出端速度	电机相电流	0~255

报文类型: 0x03, 表示此帧为 3 类型报文。

电机错误信息: 参考错误信息表。

输出端速度数值范围: 数值即为实际速度, 单位为 rpm, 例: 100.6 表示 100.6rpm。

电机相电流数值范围: -32768~32767 对应-327.68~327.67A。

电机温度: 反馈的数值数据类型为无符号 8 位, 数值等于实际温度*2+50。

10.4问答通信模式返回报文类型 4

标识符: MotorID 数据长度: 3 字节(共 24 位)			
报文类 uint3	错误信息 uint5	配置代码 uint8	配置状态 uint8
0x04	0~7	0~255	0/1

报文类型: 0x04, 表示此帧为 4 类型报文。

电机错误信息: 参考错误信息表。

配置代码: 与所发送的配置代码相对应。

配置状态: 0 表示失败, 1 表示成功。

10.5问答通信模式返回报文类型 5

报文类型 uint3	错误信息 uint5	查询代码 uint8	查询返回的数据
0x05	0~31	1	当前位置（角度制），float 型（此报文总共 6 字节）
		2	当前速度（RPM），float 型（此报文总共 6 字节）
		3	当前相电流，float 型（此报文总共 6 字节）
		4	当前功率，float 型（此报文总共 6 字节）
		5	当前加速度，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		6	当前磁链观测增益，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		7	当前扰动补偿系数，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		8	当前反馈补偿增益，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		9	当前阻尼系数，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		22	当前扭矩系数，比例 100，uint16 型（此报文总共 4 字节）
		23	当前力位混控协议 KP 范围 KP_MIN，比例 1，uint16 型； KP_MAX，比例 1，uint16 型（此报文总共 6 字节）
		24	当前力位混控协议 KD 范围 KD_MIN，比例 1，uint16 型； KD_MAX，比例 1，uint16 型（此报文总共 6 字节）
		25	当前力位混控协议 POS 范围 POS_MIN，比例 100，int16 型； POS_MAX，比例 100，int16 型（此报文总共 6 字节）
		26	当前力位混控协议 SPD 范围 SPD_MIN，比例 100，int16 型； SPD_MAX，比例 100，int16 型（此报文总共 6 字节）
		27	当前力位混控协议 TOR 范围 TOR_MIN，比例 10，int16 型； TOR_MAX，比例 10，int16 型（此报文总共 6 字节）
		28	当前力位混控协议 CUR 范围 CUR_MIN，比例 10，int16 型； CUR_MAX，比例 10，int16 型（此报文总共 6 字节）
		29	当前 MCU_UUID 报文编号 1，uint8 型； UUID 高四字节，uint8 型 x4；（编号 1 报文总共 7 字节） 报文编号 2，uint8 型； UUID 中间四字节，uint8 型 x4；（编号 2 报文总共 7 字节） 报文编号 3，uint8 型； UUID 低四字节，uint8 型 x4；（编号 3 报文总共 7 字节） 连续反馈三组报文。
		30	当前软件与硬件版本号 软件版本号，uint8 型 x3； 硬件版本号，uint8 型 x3；（此报文总共 8 字节）

	31	当前 CAN 超时时间 (ms) , 比例 1, uint16 型 (此报文总共 4 字节)
	32	当前电流环 KP 和 KI Current KP, uint16 型,比例 10000 Current KI, uint16 型,比例 10 (此报文总共 6 字节)
	33	当前速度环 KP 和 KI Speed KP, uint16 型,比例 100000 Speed KI, uint16 型,比例 100000 (此报文总共 6 字节)
	34	当前位置环 KP 和 KD Position KP, uint16 型,比例 100000 Position KD, uint16 型,比例 100000 (此报文总共 6 字节)
	35	
	36	
	37	当前刹车抱闸使能状态 0 (关闭) , 1 (打开) (此报文总共 3 字节)

11.CAN 协议调试示例

具体调试协议参考附录中的 CAN 总线协议，这里只是给出使用实例：

以力位混控为例：

标识符： Motor ID 数据长度： 8 字节(共 64 位)					
电机模式 uint3	参数 KP uint12	参数 KD uint9	期望位置 uint16	期望速度 uint12	前馈扭矩 uint12
0x00	0~4095	0~511	0~65535	0~4095	0~4095

CAN 协议使用最多 8 个字节进行数据传输，在力位混控中使用 8 个字节 64 位作为数据传输，在当前模式中使用 3 位表示电机模式，12 位表示 KP 系数，9 位表示 KD 系数、16 位表示期望位置、12 位表示期望速度、扭矩使用 12 位表示（具体参数范围请看附录中的“力位混控模式”）

当使用模式 0，KP = 20，KD = 10，期望位置为 5rad，速度为 30rad/s，力矩为 10Nm 时，需先将预想数值转换为二进制：

00000000 00101000 00001010 00000000 00000101 00000001 11100000 00001010

将获得的二进制以 8 位为一个字节的方式转换为十六进制：

00000000 00101000 00001010 00000000 00000101 00000001 11110000 00001010

0x00 0x28 0x0A 0X00 0X05 0X01 0XF0 0X0A

将转换结束的数据填充到 CAN 发送数据结构中

当使用 Float 类型时，与上述转换方式同理，可使用提供的网站进行数据转换：

[进制转换（正整数） - 锤子在线工具 \(toolhelper.cn\)](http://toolhelper.cn)

示例参考：

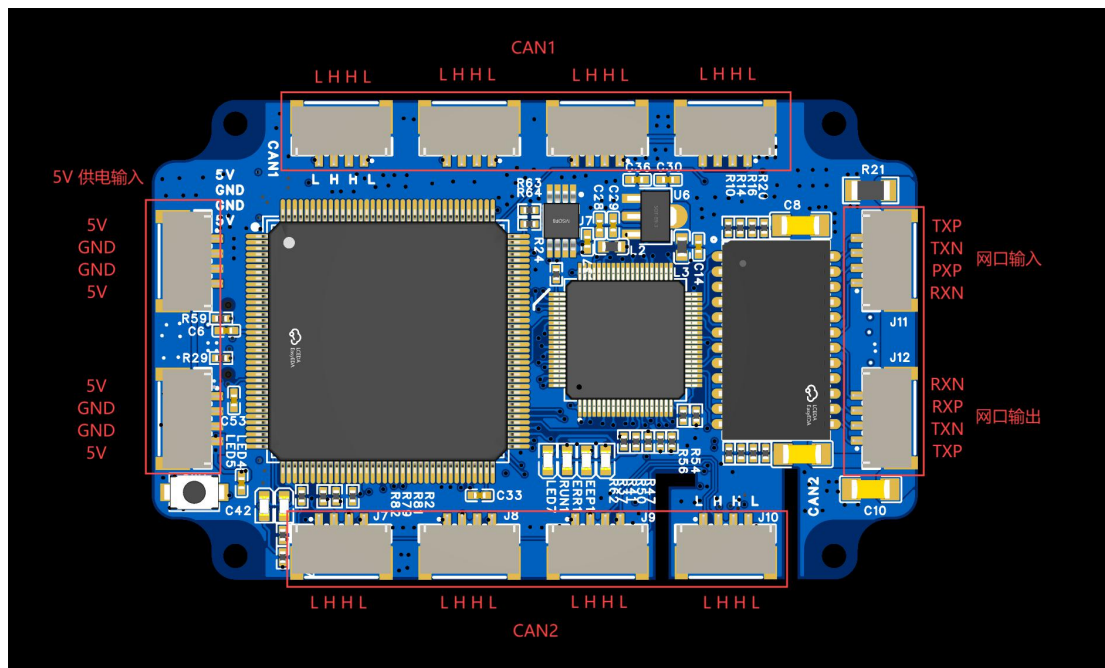
位置模式 数据长度： 8 个字节							
ID: 1 期望角度： 0 ° 期望速度： 20rpm 电流阈值： 5A 反馈报文： 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	Data[7]
0x20	0x00	0x00	0x00	0x00	0x32	0x00	0xCA
ID: 1 期望角度： 90 ° 期望速度： 20rpm 电流阈值： 5A 反馈报文： 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	Data[7]
0x28	0x56	0x80	0x00	0x00	0x32	0x00	0xCA
ID: 1 期望角度： -90 ° 期望速度： 20rpm 电流阈值： 5A 反馈报文： 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	Data[7]
0x38	0x56	0x80	0x00	0x00	0x32	0x00	0xCA

速度模式 数据长度: 7 个字节							
ID: 1 期望速度: 20rpm 电流阈值: 5A 反馈报文: 报文类型 3							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	
0x43	0x41	0xA0	0x00	0x00	0x00	0x32	
ID: 1 期望速度: 60rpm 电流阈值: 5A 反馈报文: 报文类型 3							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	
0x43	0x42	0x70	0x00	0x00	0x00	0x32	
ID: 1 期望速度: -60rpm 电流阈值: 5A 反馈报文: 报文类型 3							
Data[0]	Data[1]	Data[2]	Data[3]	Data[4]	Data[5]	Data[6]	
0x43	0xC2	0x70	0x00	0x00	0x00	0x32	

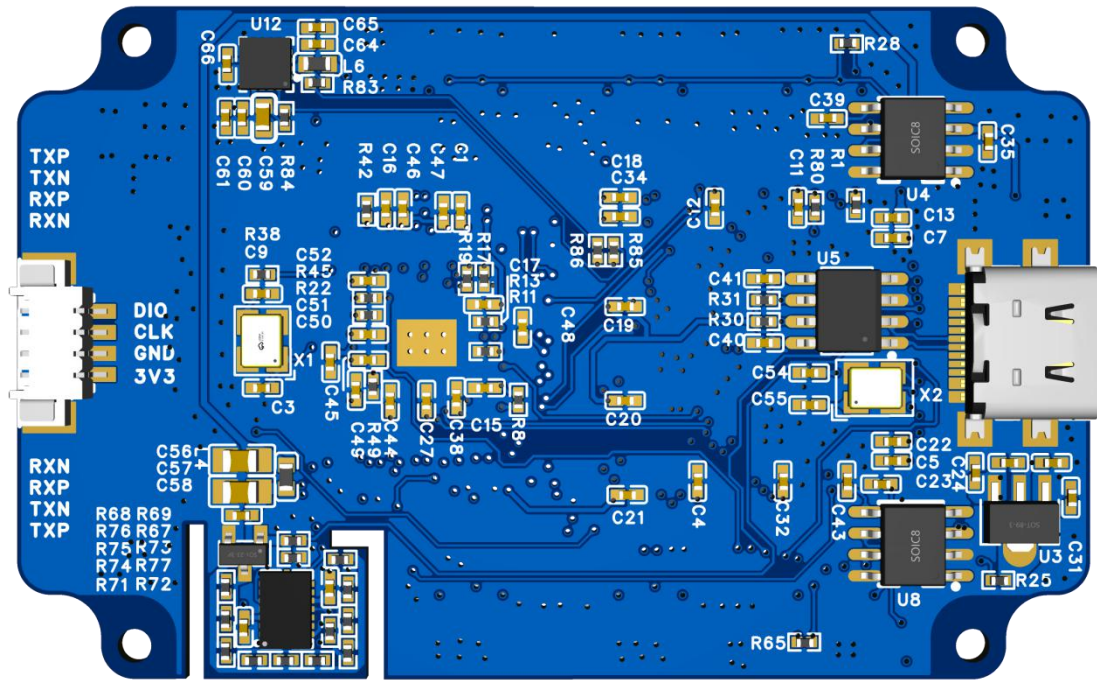
电流模式 数据长度: 3 个字节							
ID: 1 期望电流: 3A 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x62	0x01	0x2C					
ID: 1 期望电流: 5A 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x62	0x01	0xF4					
ID: 1 期望电流: -5A 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x62	0xFE	0x0C					

力矩模式 数据长度: 3 个字节							
ID: 1 期望力矩: 3Nm 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x66	0x01	0x2C					
ID: 1 期望力矩: 5Nm 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x66	0x01	0xF4					
ID: 1 期望力矩: -5Nm 反馈报文: 报文类型 2							
Data[0]	Data[1]	Data[2]					
0x66	0xFE	0x0C					

12.1 接线说明及线序



以上图为例，左侧为电源供电口，右侧为网线链接口，上下为 CAN 信号传输口，均使用 1.25×4Pin 接口线进行连接。底部通过 4Pin 线进行串联，另一侧通过赠送网线连接到主机口中（当串联时，ether cat 板子需要注意网口输入以及输出）。



如上图所示，左侧端口为数据下载口（客户勿用），左侧 USB 为供电口（可使用 USB 供电或者使用 4pin 线进行供电）可通过 4pin 线将两个板子进行连接、通电（电压为 5V，电流需 500mA）

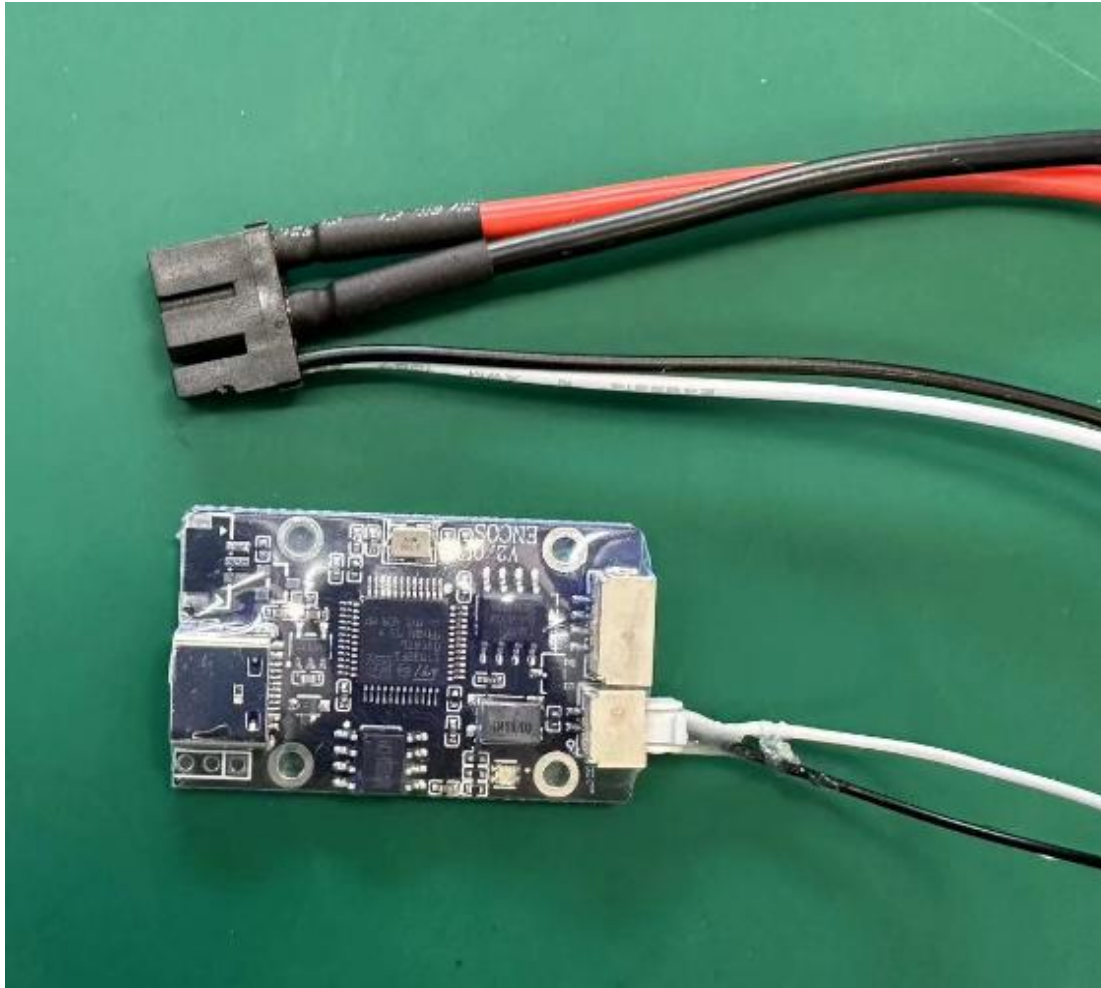
经过测试可串联 20 块板子保证使用，通过主站下发速度可达 1Khz,内部 CAN 数据通过间隔 50us 依次下发，一块转接板可最多一次控制六个电机。

转接板内设有 6 个通道，每个通道所对应一个电机，其中 1、2、3 通道对应转接板右侧的 CAN1，4、5、6 通道对应转接板左侧 CAN2（以上图转接板放置方向为标准）

所需代码、上位机资料链接：

<https://pan.baidu.com/s/1l5z25D0bQwoyJS3KzZ1EAg?pwd=6smn>

附录 A: USB-CAN 模块实物连接图



附录 B: EtherCAT-CAN 串联示例图

