



**ZHANGDATOU**  
ZHANG DA TOU ELECTRONICS  
因热爱而生

## Emm42\_V5.0 步进闭环驱动说明书 Rev1.3



## 目录

一、产品介绍.....	3
1.1 产品简介.....	3
1.2 硬件介绍.....	3
1.3 产品特点.....	4
1.4 产品参数.....	5
1.5 版本对比.....	6
1.6 套餐说明.....	7
1.7 产品尺寸.....	9
二、闭环 PCBA 安装.....	10
2.1 硬件清单.....	10
2.2 安装步骤.....	11
三、第一次上电校准.....	12
3.1 模块供电接线.....	12
3.2 上电自检提示说明.....	12
3.3 按键操作说明.....	14
3.4 上电校准编码器.....	14
四、OLED 显示与菜单功能介绍.....	15
4.1 参数显示说明.....	15
4.2 菜单选项说明.....	16
五、脉冲控制.....	25

5.1 脉冲控制接线.....	25
5.1.1 STM32 脉冲控制接线.....	25
5.1.2 Arduino 脉冲控制接线.....	25
5.1.3 51 单片机脉冲控制接线.....	26
5.1.4 PLC 脉冲控制接线.....	26
5.1.5 EN+/EN-/PUL+/PUL-/DIR+/DIR-差分脉冲控制接线.....	27
5.1.6 3D 打印主板接线.....	27
5.2 脉冲控制说明.....	28
<b>六、通讯控制.....</b>	<b>29</b>
6.1 通讯控制接线.....	29
6.1.1 串口 TTL 通讯控制接线.....	29
6.1.2 RS232 通讯控制接线.....	30
6.1.3 RS485 通讯控制接线.....	31
6.1.4 CAN 通讯控制接线.....	32
6.2 通讯控制设置.....	33
6.2.1 命令格式说明.....	33
6.2.2 上位机和串口助手设置.....	34
6.3 通讯控制命令列表.....	35
6.3.1 控制动作命令列表.....	35
6.3.2 原点回零命令列表.....	37
6.3.3 触发动作命令列表.....	41

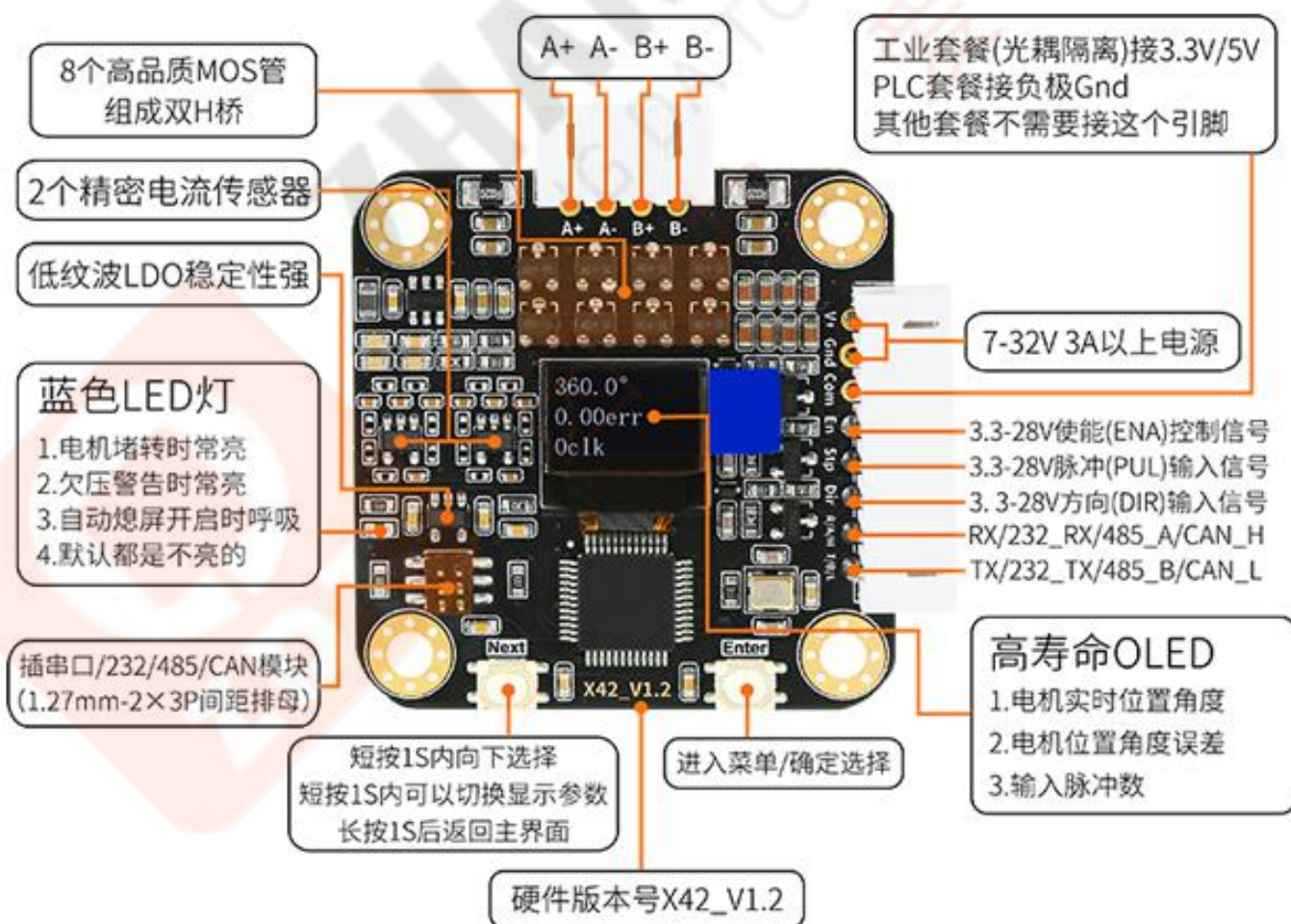
6.3.4 读取参数命令列表.....	42
6.3.5 修改参数命令列表.....	50
6.4 CAN 通讯控制说明.....	55
6.5 多机通讯及同步控制.....	57
<b>七、原点回零操作说明.....</b>	<b>58</b>
7.1 单圈就近/方向回零操作说明.....	58
7.2 多圈无限位碰撞回零操作说明.....	58
7.3 多圈有限位开关回零操作说明.....	60
<b>八、到位输出和报警输出.....</b>	<b>61</b>
8.1 通讯控制模式到位输出/到位返回命令.....	61
8.2 脉冲控制模式报警输出和复位堵转保护.....	61
<b>九、常见问题及注意事项.....</b>	<b>62</b>
9.1 常见问题.....	62
9.2 注意事项.....	62
<b>十、技术支持及保证.....</b>	<b>63</b>
<b>十一、修改记录.....</b>	<b>64</b>

## 一、产品介绍

### 1.1 产品简介

Emm42\_V5.0 是张大头闭环伺服全新推出的基于 Emm42\_V4.2 的升级版本，它对闭环算法进行了升级改造，并融合了 ZDT\_X42\_V1.2 的软硬件框架，使它具有更高的转速和更快的打印速度，并拥有更多强大的功能，此外它还支持内置串口/RS232/RS485/CAN 总线模块、支持限制电机堵转电流等，具有更高的安全性和可靠性，满足更广大用户的需求，适合 3D 打印、写字机、雕刻机、PLC 控制、机械臂、小车比赛等用户使用，欢迎大家使用。

### 1.2 硬件介绍





### 1.3 产品特点

- Emm42\_V5.0 采用先进的 FOC 矢量闭环控制算法，力矩、速度、位置三环控制；
- 板载工业级高精度 16384 线磁编码器、板载精密电流传感器；
- 最大电流 3000mA，最高转速 3000RPM+（每个电机参数不同最高转速不同）；
- 支持脉冲控制、支持串口/RS232/RS485/CAN 通讯控制，支持二者混合控制；
- 支持 Modbus-RTU 协议、自定义协议；
- 支持多机通讯和多机同步控制，支持最多 255 个地址的电机进行通讯同步控制；
- 支持速度模式、位置模式控制，支持曲线加减速，支持立即停止，每个位置指令都支持绝对位置模式和相对位置模式；
- 开环模式也支持通讯控制，最高转速 200-400RPM，也支持曲线加减速和同步控制；
- 支持 0.1RPM 转速，支持存储方向、速度和加速度参数上电自动运行，IO 控制启停；
- 支持单圈就近回零和方向回零、多圈无限位碰撞回零和有限位开关回零；
- 支持通讯控制到位输出/到位返回命令、支持脉冲控制报警输出和复位堵转保护；
- 支持实时转速 RPM、相电流 Ma、总线电压 mV 的显示和读取；
- 具有堵转保护功能，支持 IO 控制低电平或发送命令解除堵转保护，不需要重新上电；
- 可支持共阳/共阴信号输入，可支持 PLC 的 24V 信号输入，可选光耦隔离输入；
- 继承 ZDT\_X42\_V1.2 硬件，支持内置串口/RS232/RS485/CAN 总线模块；
- 支持 1-256 任意细分，支持细分插补功能，电机运行更加平滑和静音；
- 板载小屏幕实时显示系统信息，板载按键一键修改参数，自动保存，立即生效；
- 电机转速和位置实时更新（使能不使能都可以），可发送命令清零位置；
- 具有编码器自校准、线序错误识别、自动熄屏、一键恢复出厂设置等众多功能；

## 1.4 产品参数

主板型号	Emm42_V5.0
主控芯片	高性能 32 位 ARM 处理器
驱动电路	8 个高品质 MOS 管组成双 H 桥驱动
传感器	工业级高精度 16384 线磁编码器、精密电流传感器
供电电压	7-32V
工作电流	0-3000mA 任意电流
信号输入	3.3-28V 支持共阳/共阴输入、支持 PLC 的 NPN/PNP 的 24V 信号输入
闭环反馈频率	力矩环 20KHz+、速度环 20KHz+ 、位置环 20KHz+
最大脉冲频率	160KHz 以上
最高转速	0.1RPM-3000RPM+, 每个电机参数不一样最高转速可能不同
控制精度	小于 0.08°
细分支持	1-256 任意细分, 支持细分插补功能
控制方式	支持脉冲控制, 支持串口/RS232/RS485/CAN 总线多机通讯同步控制
通讯控制	支持速度模式、位置模式控制, 支持曲线加减速, 支持立即停止
保护措施	具有堵转保护、欠压警告等功能
静音/震动	低速超静音、超低震动, 高速运行平稳, 不抖动
其他功能	编码器自校准、电机线序错误识别、自动熄屏、恢复出厂设置等
制动/换向	支持高速 3000RPM+立即停止, 立即切换方向
回零模式	单圈就近/方向回零、多圈无/有限位开关回零 (3D 打印不支持)
输出类型支持	支持通讯控制到位输出/到位返回命令、支持脉冲控制报警输出

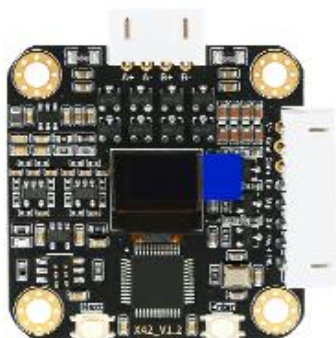
## 1.5 版本对比

品名	Emm42_V5.0	上一代 Emm42_V4.2
外观		
发布时间	2023 年 8 月	2022 年 5 月
处理器	Cortex-M4F 内核，主频 120MHz	Cortex-M0 内核，主频 72MHz
闭环反馈频率	力矩、速度、位置环都是 20KHz+	力矩 20KHz+、速度、位置 10KHz+
最高转速	0.1RPM-3000RPM+	2200RPM+
最大打印速度	250mm/s 以上	180-220mm/s
控制支持	CAN/485/232/串口/脉冲	485/232/串口/脉冲
电机参数辨识	自动测量电机相电阻、相电感	无
堵转检测和保护	可设置堵转检测电流、转速、时间	可设置堵转检测误差角度、阈值
堵转电流限制	可限制 0-3000Ma 堵转电流	无
回零模式支持	单圈回零、多圈无/有限位回零	仅支持单圈回零
回零触发方式	上电自动触发、发送命令触发	仅支持上电自动触发
通讯控制	速度模式、位置模式、实时转速	速度模式、位置模式
通讯位置模式	支持绝对位置和相对位置模式	仅支持相对位置模式
曲线加减速	0-255 加速度档位，加减速更平滑	0-255 加速度档位
速度档位	0.0 - 3000.0RPM (转/分钟)	1279 个非线性速度档位
PID 参数	可修改 PID 参数	不可修改



## 1.6 套餐说明

### PLC套餐



X42\_V1.2×1  
(PLC版本)



M3\*40螺丝×4  
尼龙垫片×4



径向磁铁×1  
跳线帽×2



注塑外壳×1



电机线×1  
(线长3CM)



8P通讯线×1  
(线长1M)

### 工业套餐



X42\_V1.2×1  
(光耦版本)



M3\*40螺丝×4  
尼龙垫片×4



径向磁铁×1  
跳线帽×2



注塑外壳×1

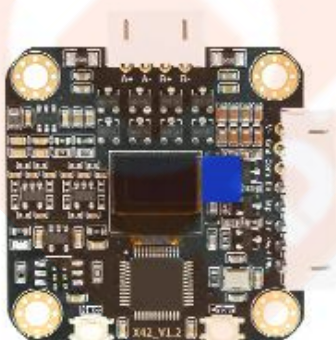


电机线×1  
(线长3CM)



8P通讯线×1  
(线长1M)

### RS485套餐



X42\_V1.2×1  
(光耦版本)



M3\*40螺丝×4  
尼龙垫片×4  
径向磁铁×1



RS485模块×1  
跳线帽×2



注塑外壳×1

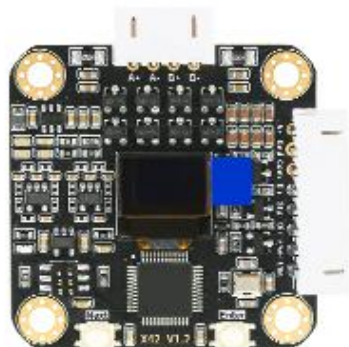


电机线×1  
(线长3CM)



8P通讯线×1  
(线长1M)

## RS232套餐



X42\_V1.2×1  
(光耦版本)



M3\*40螺丝×4  
尼龙垫片×4  
径向磁铁×1



RS232模块×1  
跳线帽×2



注塑外壳×1



电机线×1  
(线长3CM)



8P通讯线×1  
(线长1M)

## CAN套餐



X42\_V1.2×1  
(光耦版本)



M3\*40螺丝×4  
尼龙垫片×4  
径向磁铁×1



RS232模块×1  
跳线帽×2



注塑外壳×1

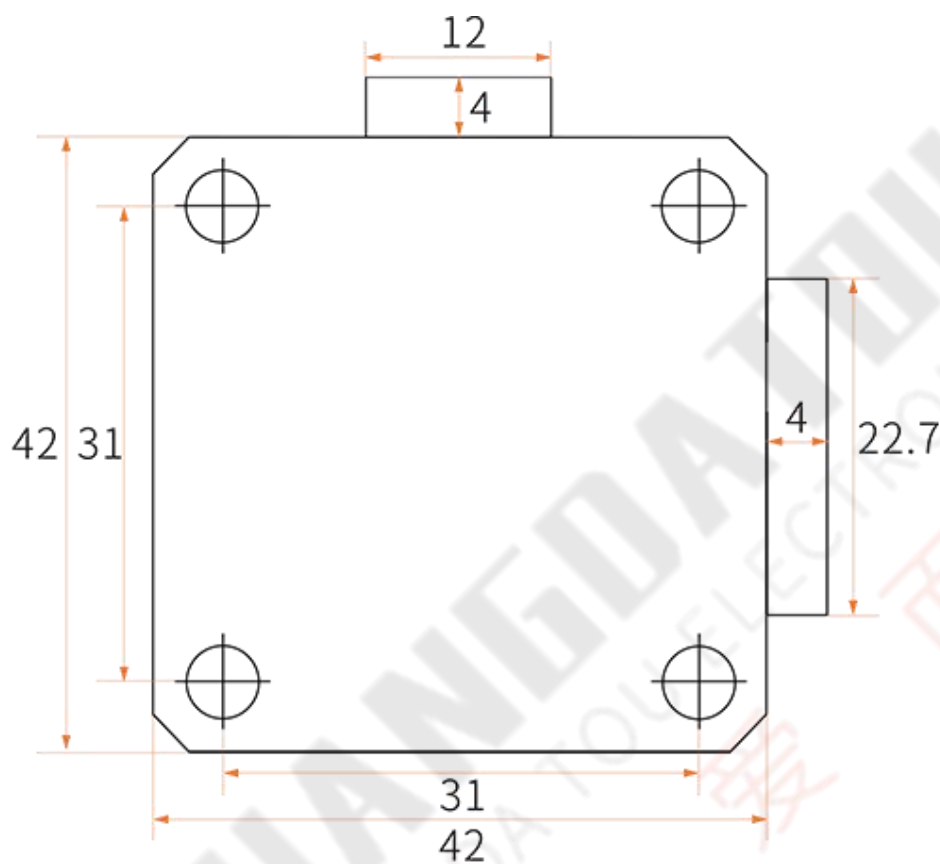


电机线×1  
(线长3CM)

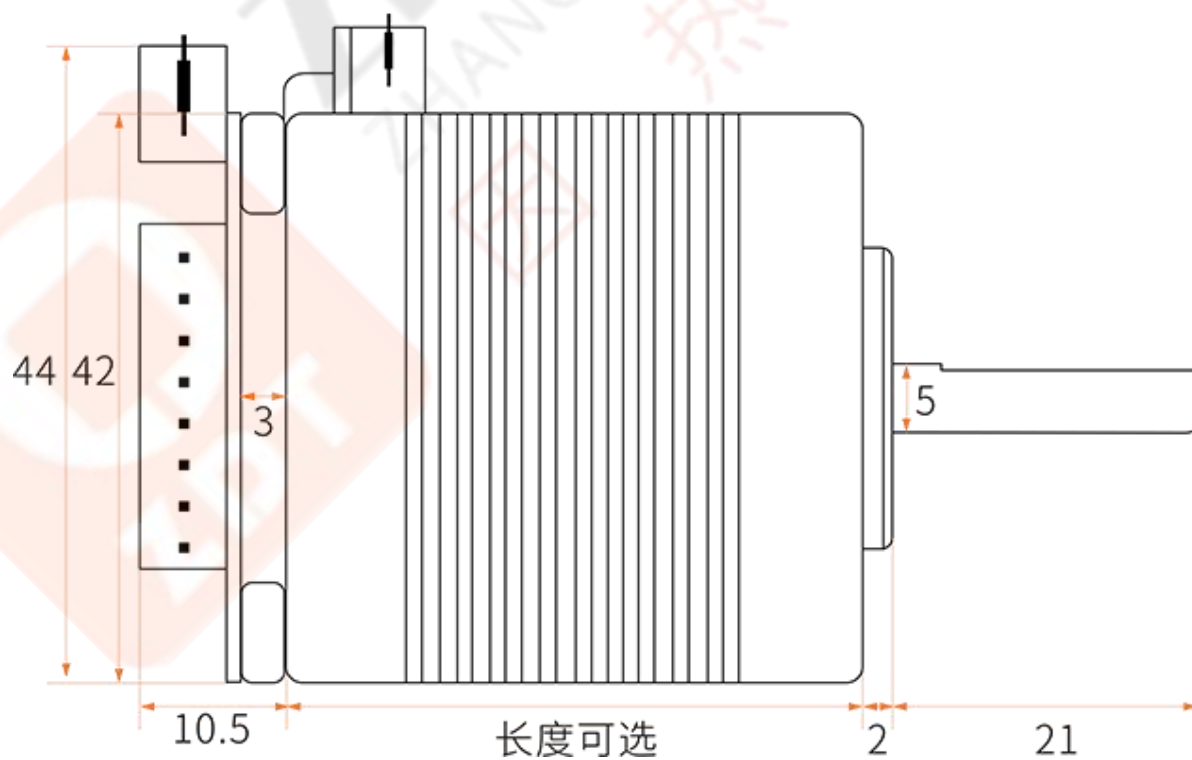


8P通讯线×1  
(线长1M)

## 1.7 产品尺寸



单位: mm

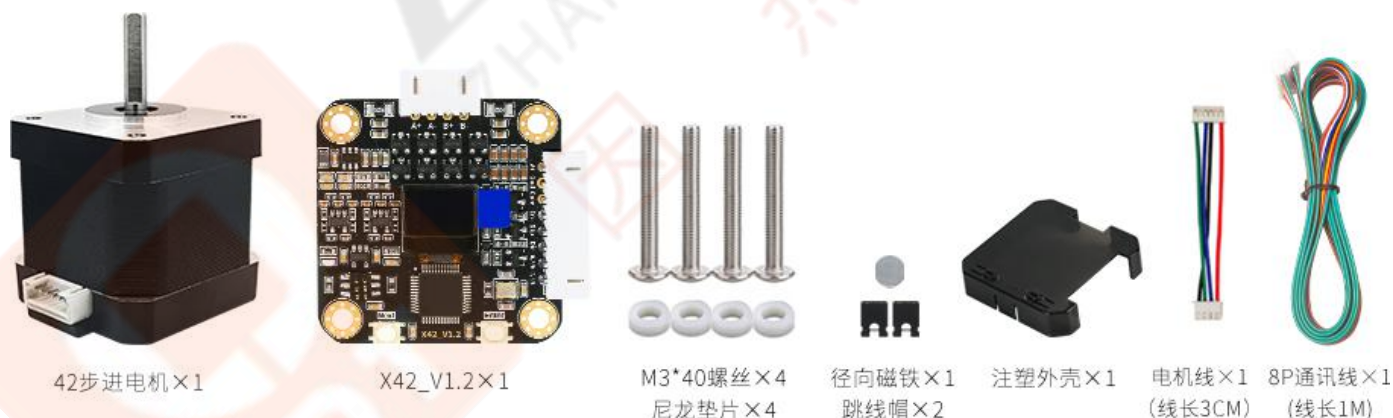


## 二、闭环 PCBA 安装

### 2.1 硬件清单

序号	品名	数量
1	42 步进电机	1
2	ZDT_X42_V1.2 闭环 PCBA	1
3	M3*7mm 螺丝	4
4	5*3mm 径向磁铁	1
5	尼龙垫片	4
6	3M 胶水/超能胶水	1
8	螺丝刀	1
9	1 米通讯线	1

硬件清单如下图所示：



**注意：**

1. 胶水尽量选择 3M 胶水、超能胶水、AB 胶等有粘稠状、对金属和磁铁都有较强粘性的胶水，尽量不选择 502 等低粘稠状的胶水，此类胶水比较容易渗透到电机内部，造成电机的损坏。
2. 建议选用本店的 42 磁柱步进电机。



## 2.2 安装步骤



1.用胶水(推荐3M胶、502胶),在电机背部轴上滴一小滴胶水即可  
注意不能太多,否则会损坏电机。

2.磁铁尽量粘在轴上居中,不能偏太多,也不要不水平、翘一边等  
模块上电会自动检测位置,保证高精度。



3.粘好磁铁后拧开电机螺丝,放入垫片。

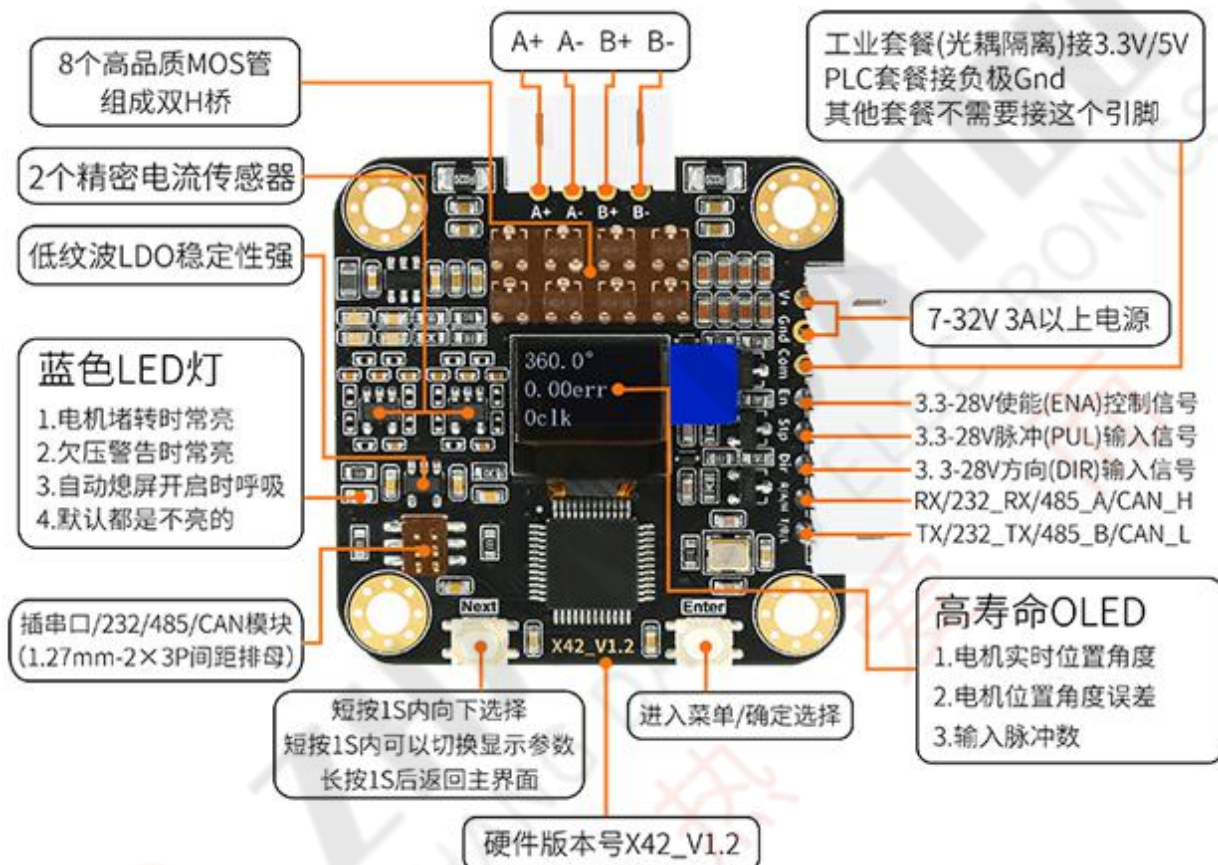
4.放好模块,拧上螺丝、装上外壳即可使用。



## 三、第一次上电校准

### 3.1 模块供电接线

闭环驱动模块的 V+和 Gnd 之间接 7-32V 电源进行供电，供电接线如下图所示：



### 3.2 上电自检提示说明

接好 V+和 Gnd 供电线后上电，ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动板第一次上电会进行自检，可能会出现以下几种情况的提示，请按照相应的步骤进行操作：

(1)提示 1 秒 “Not Cal”，然后进入校准菜单（此时只有 6 个菜单项，含 Exit 项）

- **错误类型**：这是正常现象，只是提示编码器未进行校准；
- **错误原因**：未进行编码器校准；
- **操作步骤**：请参考下面 3.4 章节的“上电校准编码器”进行操作；

(2)提示“Phase A+ A- Error!”或“Phase B+ B- Error!”或“Phase AA BB Error!”

- 错误类型：电机线序错误；
- 错误原因：A+A-或 B+B-的电机线序不对；
- 操作步骤：42 步进的电机线序一般为黑色和绿色是一组，红色和蓝色是一组，分别接到 A+A-和 B+B-，如果颜色分不出来，可以用万用表的蜂鸣档测一下电机线的任意两根，导通发出声响的两根线为一组，另外两根为一组。

(3)提示“Waiting V+ Power”

- 错误类型：电源供电电压太低；
- 错误原因：电源电压 V+和 Gnd 的电压不足；
- 操作步骤：请提供 12-32V 的电压给驱动器进行供电，推荐 24V 供电，动力足；

(4)提示“Magnet Loss! Enter..”

- 错误类型：驱动器上的编码器没检测到磁铁；
- 错误原因：没粘磁铁到电机轴上，没把驱动板固定到电机背后；
- 操作步骤：按照 2.2 章节安装步骤进行磁铁的安装和驱动板的固定；

(5)提示“Ref Voltage Error!”或者“Bus Current Error!”

- 错误类型：基准电压芯片故障、电流传感器芯片故障；
- 错误原因：基准电压芯片故障、电流传感器芯片故障；
- 操作步骤：请联系客服进行处理；

### 3.3 按键操作说明

请参考下面 4.1 章节的“参数显示说明”熟悉使用 ZDT\_X42\_V1.2 闭环电机的按键操作和参数显示；

### 3.4 上电校准编码器

1. 没进行过编码器校准的闭环电机只有 6 个菜单项，分别是“Cal”、“MotType”、“P\_Pul”、“P\_Serial”、“Restore”、“Exit”；

2. 没进行过编码器校准的需要先进行编码器校准，操作步骤如下：

- (1) 上电后选中 Cal 菜单，按 Enter 键确认选择，电机开始校准编码器；
- (2) 电机在“哔”的一声后会慢慢的正转一圈，然后再慢慢的反转一圈；

3. 注意事项：

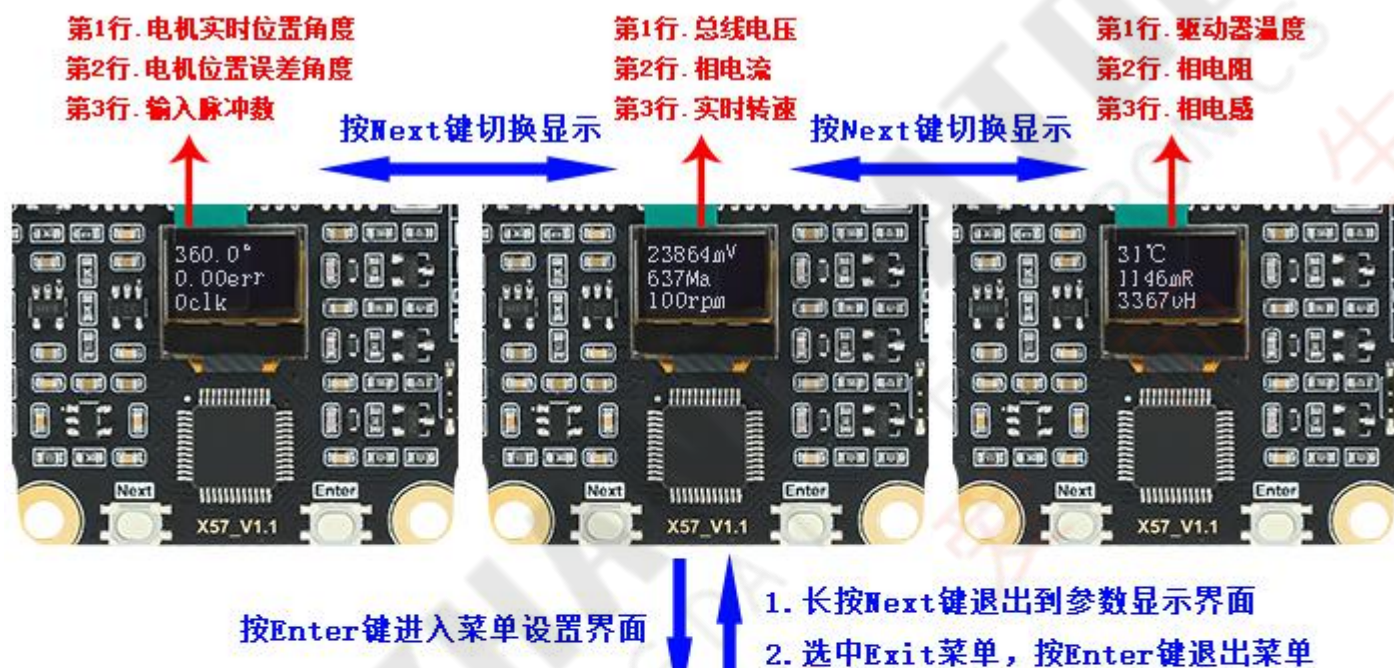
- (1) 校准前，请先按照上面 2.2 章节的“安装步骤”正确安装好磁铁和板子；
- (2) 请尽量确保电机是空载校准，也可以带轻载进行校准；
- (3) 电机在校准编码器的过程中，会测量和纠正相关参数，如下：
  - 测量磁铁安装的偏心位置，并进行线性化纠正；
  - 测量电机的相电阻和相电感，建立该电机的数学模型；
- (4) 板子如果从电机上拆卸下来后，磁铁与编码器的相对位置会发生改变，请恢复出厂设置（Restore 菜单），再重新上电空载校准编码器；



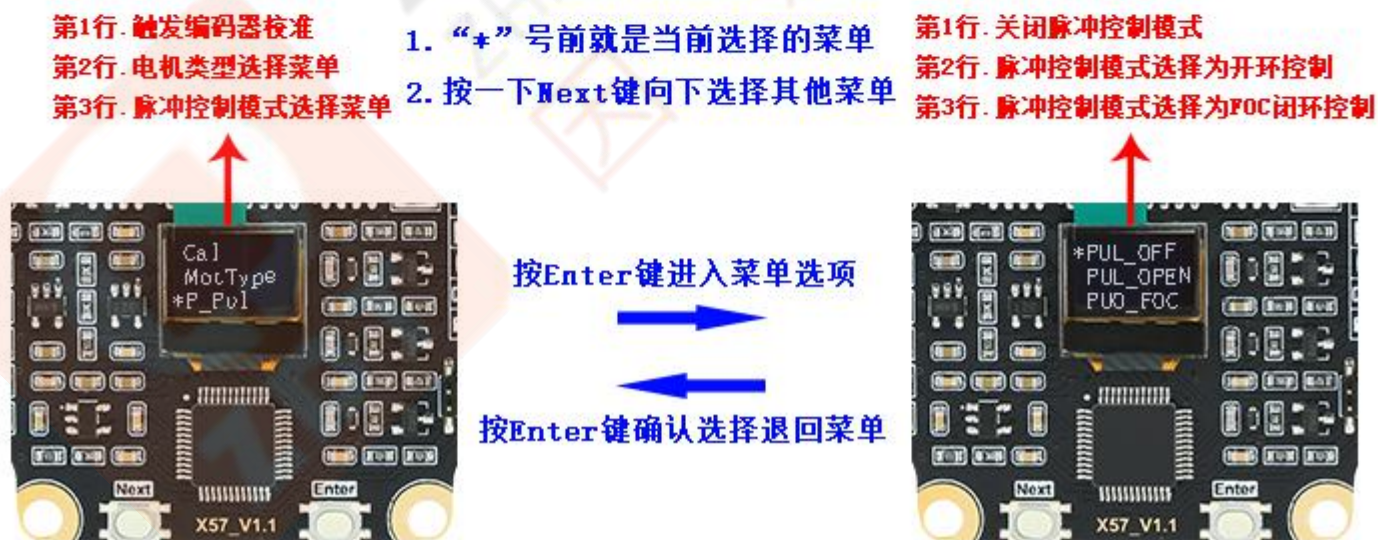
## 四、OLED 显示与菜单功能介绍

### 4.1 参数显示说明

#### 参数显示界面



#### 菜单设置界面



## 4.2 菜单选项说明

### ➤ 菜单项目：Cal

菜单功能：校准编码器

菜单选项：无

菜单作用：闭环模式下对编码器进行线性化插值和电角度对齐，可以提高编码器的线性精度，校准前请确保电机类型（MotType 菜单）选择正确，并且确保电机空载校准；

### ➤ 菜单项目：MotType

菜单功能：步进电机类型选择

菜单选项：0.9°、1.8°

菜单作用：选择你的 42 步进电机类型，是 0.9° 步进电机，还是 1.8° 步进电机；

### ➤ 菜单项目：P\_Pul

菜单功能：脉冲输入端口控制模式选择

菜单选项：PUL\_OFF、PUL\_OPEN、PUL\_FOC、ESI\_RCO

菜单作用：脉冲端口控制模式选择：

- PUL\_OFF：关闭脉冲输入端口，脉冲输入控制无效；
- PUL\_OPEN：开环模式，不需要编码器就能工作，最高转速约 200-400RPM；
- PUL\_FOC：FOC 矢量闭环模式，默认工作模式，电流实时调节，最高转速约 3000RPM+（转/每分钟），每个电机参数不一样最高转速不同；
- ESI\_RCO：复用为限位输入和到位输出，请参考第七和八章节说明进行操作；



➤ 菜单项目： P\_Serial

菜单功能： 通讯端口复用选择

菜单选项： RxTx\_OFF、ESI\_ALO、UART\_FUN、CAN1\_MAP

菜单作用： 选择通讯端口复用为哪种通讯方式：

- RxTx\_OFF： 关闭通讯端口，通讯控制无效；
- ESI\_ALO： 将 R/A/H 复用为限位开关输入，将 T/B/L 端口复用为报警输出；
- UART\_FUN： 将 R/A/H 和 T/B/L 端口复用为串口/RS232/RS485 通讯控制功能；
- CAN1\_MAP： 将 R/A/H 和 T/B/L 端口复用为 CAN 通讯控制功能，可用 CAN 通讯控制；

➤ 菜单项目： En

菜单功能： 设置 En 端口的有效电平

菜单选项： L、H、Hold

菜单作用： 选择 En 端口的有效电平：

- L： En 端口低电平有效，即 En 端口控制到低电平电机使能，高电平不使能；
- H： En 端口高电平有效，即 En 端口控制到高电平电机使能，低电平不使能；
- Hold： En 端口一直有效，即无论 En 端口是高电平还是低电平，电机一直使能；

注意： En 端口在不接线情况下，En 端口默认是 Hold 模式，即一直使能状态；

➤ 菜单项目： Dir

菜单功能： 设置脉冲控制下，电机旋转的正方向

菜单选项： CW、CCW

菜单作用： 设置 Dir 端口的有效方向，即设置脉冲输入控制下，电机旋转的正方向；

➤ 菜单项目：MStep

菜单功能：设置细分步数

菜单选项：1、2、4、8、16、32、64、128、256

菜单作用：设置闭环驱动脉冲输入的细分步数，此值要与你的主板设置的细分步数要保持一样，默认 16 细分。如果需要用到其他细分，可以通过串口发送命令进行修改；

➤ 菜单项目：MPlyer

菜单功能：设置脉冲输入控制下，内部的细分插补功能

菜单选项：Disable、Enable

菜单作用：使能(Enable)该选项后，驱动器会将你设置的当前细分值，如 16 细分，内部自动插补到最高细分去运行，这将有效的减少电机低速运动时的震动和噪音；

➤ 菜单项目：AutoSDD

菜单功能：设置自动熄屏功能

菜单选项：Disable、Enable

菜单作用：使能(Enable)该选项后，在 7 秒内无任何按键操作时，屏幕会自动关闭显示，需要点亮时，可以按任意按键进行重新点亮。

➤ 菜单项目：Ma

菜单功能：设置开环模式的工作电流（电机相电流）

菜单选项：200、400、...、3000（其他电流可用串口进行修改，范围 0-3000Ma）

菜单作用：设置开环模式的实际运行时的工作电流，默认是 1000Ma。

➤ 菜单项目：Ma\_Limit

菜单功能：设置 FOC 矢量闭环控制模式下电机堵转时的最大电流（电机相电流）

菜单选项：200、400、...、3000（其他电流可用串口进行修改，范围 0-3000Ma）

菜单作用：设置 FOC 矢量闭环控制模式下电机堵转时的最大电流，默认是 3000Ma。

➤ 菜单项目：Op\_Limit

菜单功能：设置 FOC 矢量闭环模式下的最大输出电压（可限制最大输出电流和转速）

菜单选项：200、400、...、5000（单位：mV）

菜单作用：设置 FOC 矢量闭环控制模式下的最大输出电压，默认是  $(5000 * 2)$  mV，

该选项通过限制驱动的最大输出电压，可以近似的限制电机的最高转速。

➤ 菜单项目：UartBaud

菜单功能：设置串口/RS232/RS485 通讯的波特率

菜单选项：9600、19200、25000、38400、57600、115200、256000、512000、921600

菜单作用：设置串口/RS232/RS485 通讯的波特率，默认是 115200；

➤ 菜单项目：CAN\_Baud

菜单功能：设置 CAN 通讯的速率

菜单选项：10000、20000、50000、83333、100000、125000、250000、500000、800000、1000000

菜单作用：设置 CAN 通讯的速率，默认是 500000，即 500KHz；

➤ 菜单项目：ID\_Addr

菜单功能：设置串口/RS232/RS485/CAN 多机通讯时的本机的地址

菜单选项：1、2、...、16（其他地址可用串口进行修改，范围 1-255）

菜单作用：设置串口/RS232/RS485/CAN 多机通讯时本机的地址，0 为广播地址；

➤ 菜单项目：Checksum

菜单功能：设置串口/RS232/RS485/CAN 多机通讯时的校验方式

菜单选项：0x6B、XOR、CRC-8、Modbus

菜单作用：默认为 0x6B, 即通讯时每条命令最后一个字节都固定为 0x6B，其他校验的计算方式请查看“通讯控制”章节；Modbus 请查看“Modbus-RTU 指令说明”文档；

➤ 菜单项目：Response

菜单功能：设置串口 TTL/RS232/RS485/CAN 通讯控制时**控制动作命令列表**是否回复

菜单选项：None、Receive、Reached、Both、Other

菜单作用：设置串口/RS232/RS485/CAN 总线通讯控制时，主机发送**控制动作命令列表**中的命令时，从机收到命令后，是否返回确认收到命令，以及是否返回到位命令；

- None：不返回确认收到命令，在发送位置模式命令时也不返回到位命令；
- Receive：只返回确认收到命令（默认值）；
- Reached：只在发送位置模式命令时返回到位命令（地址 + FD + 9F + 6B）；
- Both：既返回确认收到命令，也在发送位置模式命令时返回到位命令；
- Other：位置模式下只返回到位命令，其他控制动作命令返回确认收到命令；

➤ 菜单项目：S\_Vel\_IS

菜单功能：修改通讯控制的输入速度是否缩小 10 倍输入（精确到 0.1RPM 输入）

菜单选项：Disable、Enable

菜单作用：默认通讯控制输入转速最低为 1RPM，将 S\_Vel\_IS 设置为 Enable 后，则输入的转速会缩小 10 倍，比如发送 1RPM 的转速，但电机实际是以 0.1RPM 的转速运行；

➤ 菜单项目：Clog\_Pro

菜单功能：设置堵转保护功能

菜单选项：Disable、Enable

菜单作用：电机发生堵转时，不管该选项是否使能，LED 都会点亮提示；如果使能 (Enable) 该选项后，堵转时电机将自动关闭驱动器，可以保护电机和驱动器不受堵转大电流的损坏；如果 P\_Serial 设置为 ESI\_ALM 时，则在触发了堵转保护后，T/B/L 端口将输出 3.3V 高电平，将 R/A/H 引脚接 Gnd (0V) 可以复位堵转保护，不需要重新上电；

**（堵转保护触发条件：电机实际转速 < 设置的堵转检测转速阈值 + 电机实际相电流 > 设置的堵转检测相电流阈值 + 持续时间 > 设置的堵转检测时间阈值）**

➤ 菜单项目：Clog\_Rpm

菜单功能：设置堵转检测的转速阈值

菜单选项：8、16、...、112（单位：RPM，即转/每分钟）

（如果需要设置为其他值，则需要通过通讯的方式发送命令进行修改）

菜单作用：堵转检测判定条件之一：电机实际转速 < 堵转检测转速阈值。



➤ 菜单项目：Clog\_Ma

菜单功能：设置堵转检测的相电流阈值

菜单选项：1800、3000、...、3000（单位：Ma）

菜单作用：堵转检测判定条件之二：电机实际相电流 > 堵转检测相电流阈值。

➤ 菜单项目：Clog\_Ms

菜单功能：设置堵转检测的时间阈值

菜单选项：1000、2000、...、12000（单位：Ms）

（如果需要设置为其他值，则需要通过通讯的方式发送命令进行修改）

菜单作用：堵转检测判定条件之三：持续时间 > 堵转检测时间阈值。

➤ 菜单项目：0\_Mode

菜单功能：设置回零模式

菜单选项：Nearest、Dir、Senless、EndStop

菜单作用：设置上电自动触发回零的回零模式，分别是单圈就近回零、单圈方向回零、多圈无限位碰撞回零、多圈有限位开关回零。原点回零操作说明请参考**第七章节**；

➤ 菜单项目：0\_Dir

菜单功能：设置回零方向

菜单选项：CW、CCW

菜单作用：设置单圈方向回零、多圈无限位碰撞回零、多圈有限位开关回零的方向。

➤ 菜单项目：0\_Vel

菜单功能：设置回零转速

菜单选项：30、60、...、300（单位：RPM）

菜单作用：设置回零的速度。

➤ 菜单项目：0\_Tmo\_Ms

菜单功能：设置回零超时时间

菜单选项：2000、4000、...、20000（单位：毫秒）

菜单作用：回零超过这个时间就自动中断并退出回零，并置位回零失败标志位。

➤ 菜单项目：0\_Set

菜单功能：设置单圈就近/方向回零的零点位置

菜单选项：Set 0、Clear 0、Exit

菜单作用：设置单圈就近/方向回零的零点位置。

（无限位碰撞回零触发条件：电机实际转速 < 设置的碰撞回零转速阈值 + 电机实际相电流 > 设置的碰撞回零相电流阈值 + 持续时间 > 设置的碰撞回零时间阈值）

➤ 菜单项目：0\_SL\_Rpm

菜单功能：设置无限位碰撞回零的检测转速

菜单选项：30、60、...、300（单位：RPM）

菜单作用：碰撞回零检测判定条件之一：电机实际转速 < 碰撞回零检测转速。

➤ 菜单项目：0\_SL\_Ma

菜单功能：设置无限位碰撞回零的检测电流

菜单选项：400、600、...、3000（单位：Ma）

菜单作用：碰撞回零检测判定条件之二：电机实际电流 > 碰撞回零检测电流。

➤ 菜单项目：0\_SL\_Ms

菜单功能：设置无限位碰撞回零的检测时间

菜单选项：20、40、...、200（单位：毫秒）

菜单作用：碰撞回零检测判定条件之三：持续时间 > 碰撞回零检测时间。

➤ 菜单项目：0\_POT\_En

菜单功能：设置上电自动触发回零操作

菜单选项：Disable、Enable

菜单作用：设置上电自动触发回零操作。

➤ 菜单项目：Restore

菜单功能：恢复出厂设置

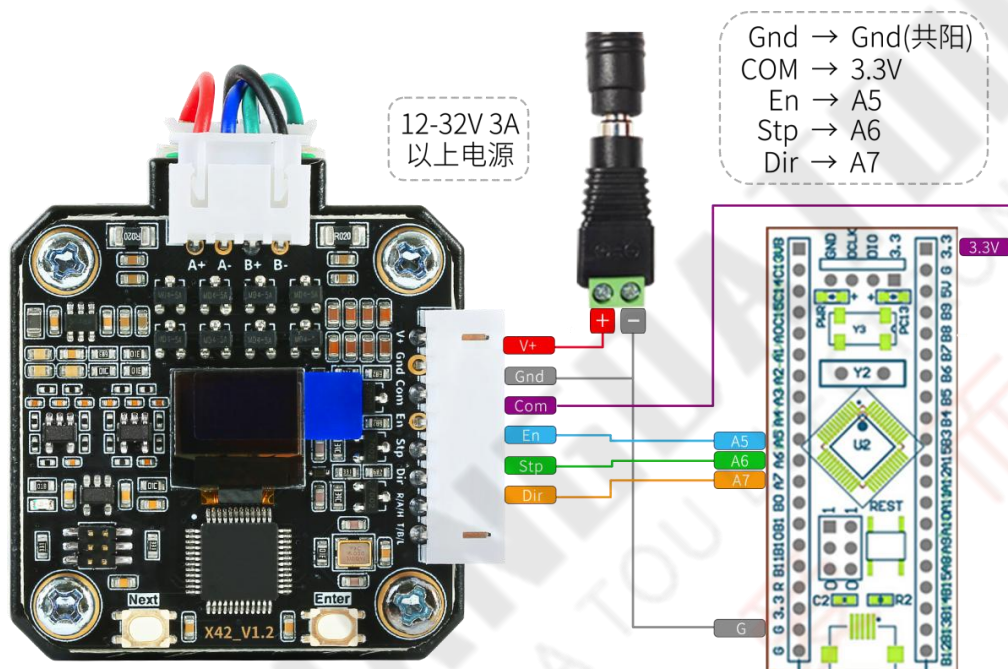
菜单选项：Yes、No

菜单作用：恢复出厂设置，需要断电重新上电，重新校准编码器。

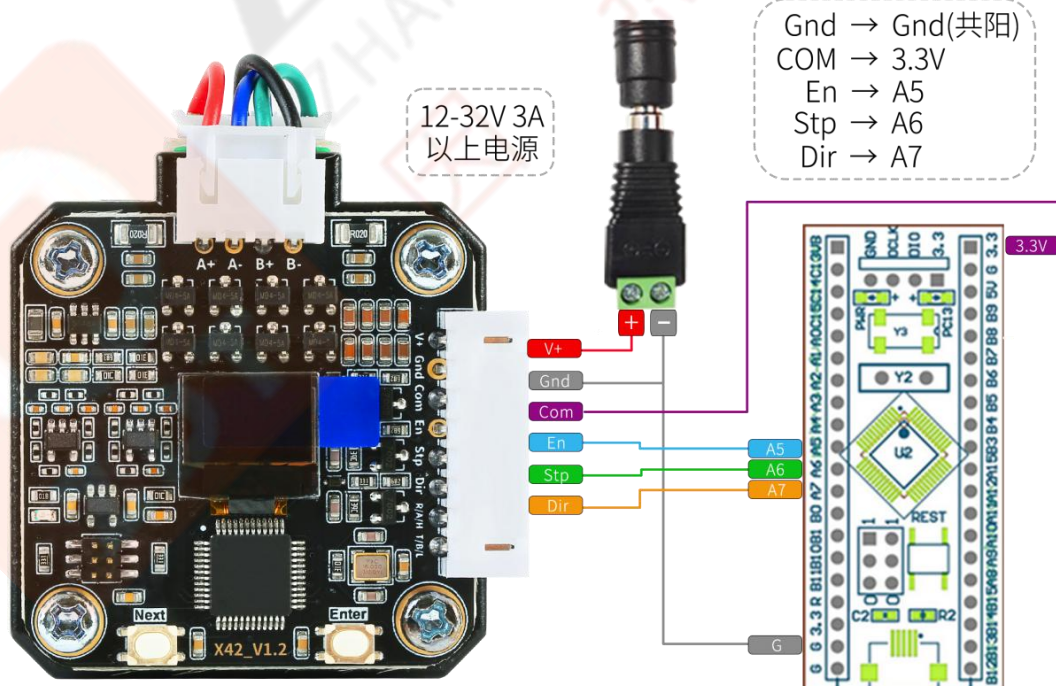
## 五、脉冲控制

### 5.1 脉冲控制接线

#### 5.1.1 STM32 脉冲控制接线

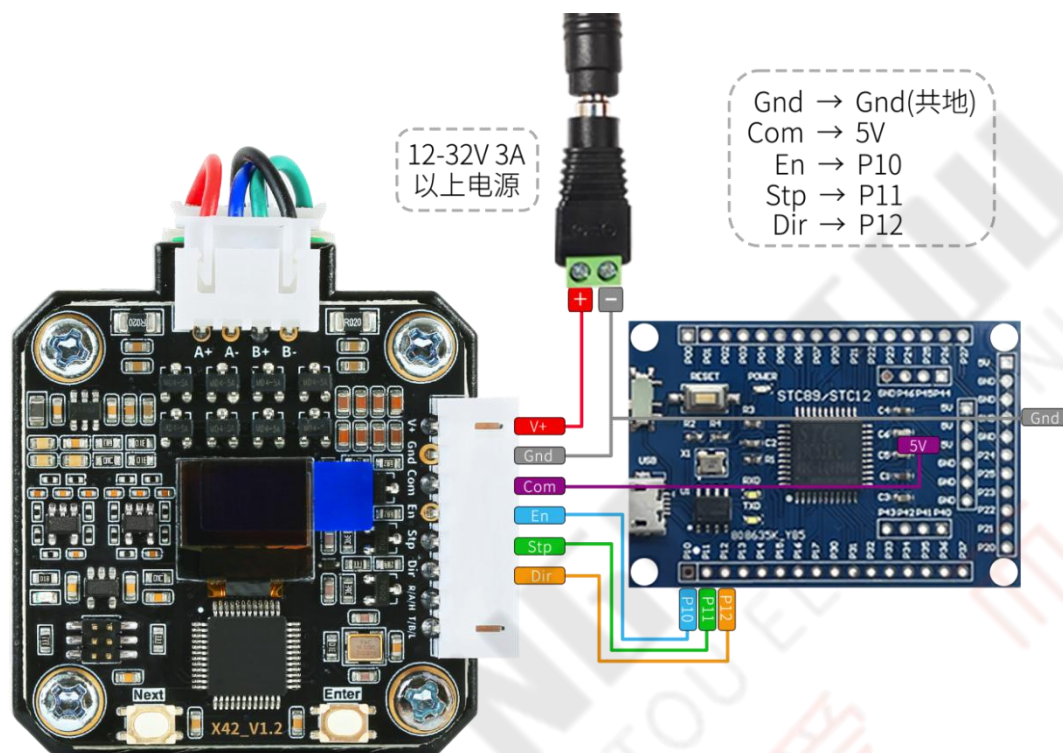


#### 5.1.2 Arduino 脉冲控制接线

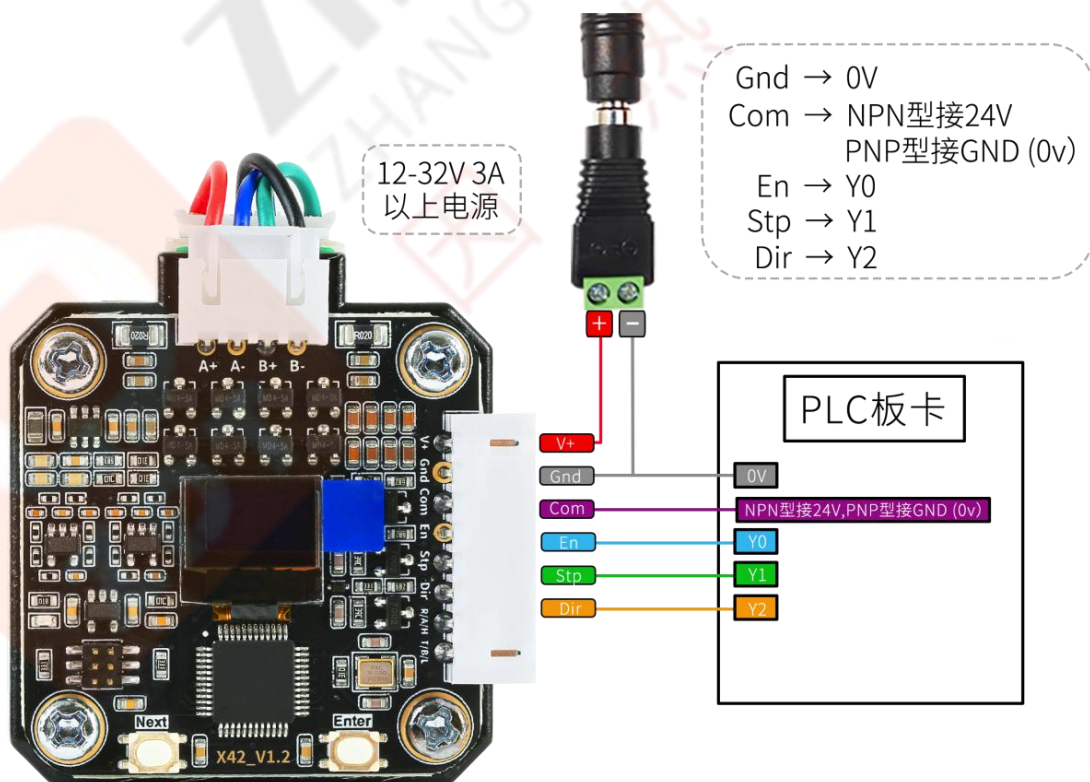




### 5.1.3 51 单片机脉冲控制接线

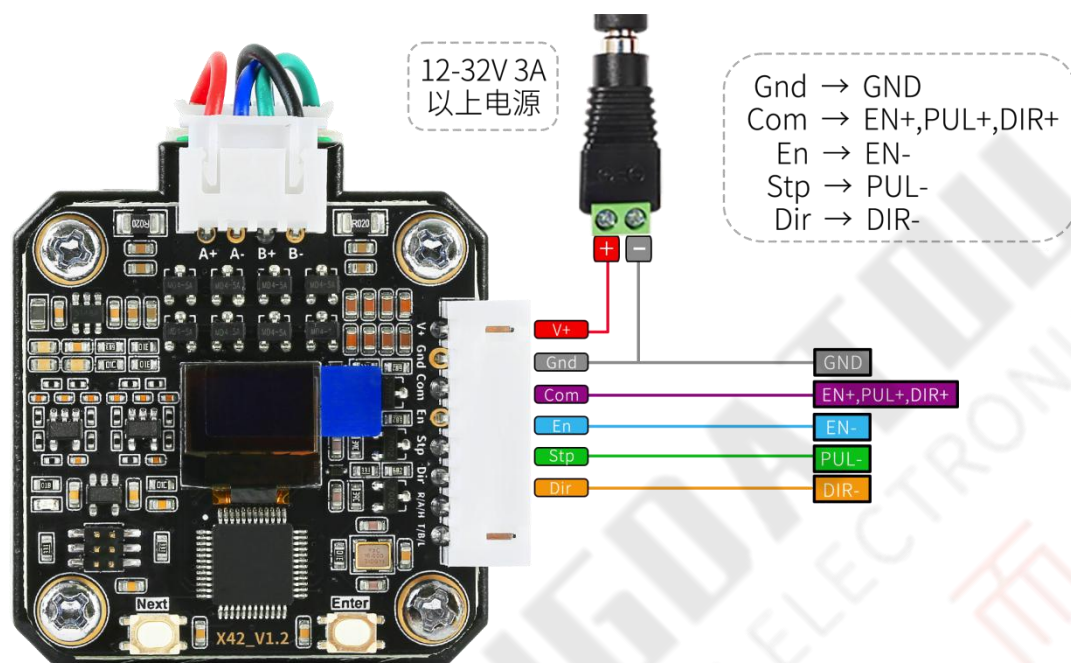


### 5.1.4 PLC 脉冲控制接线

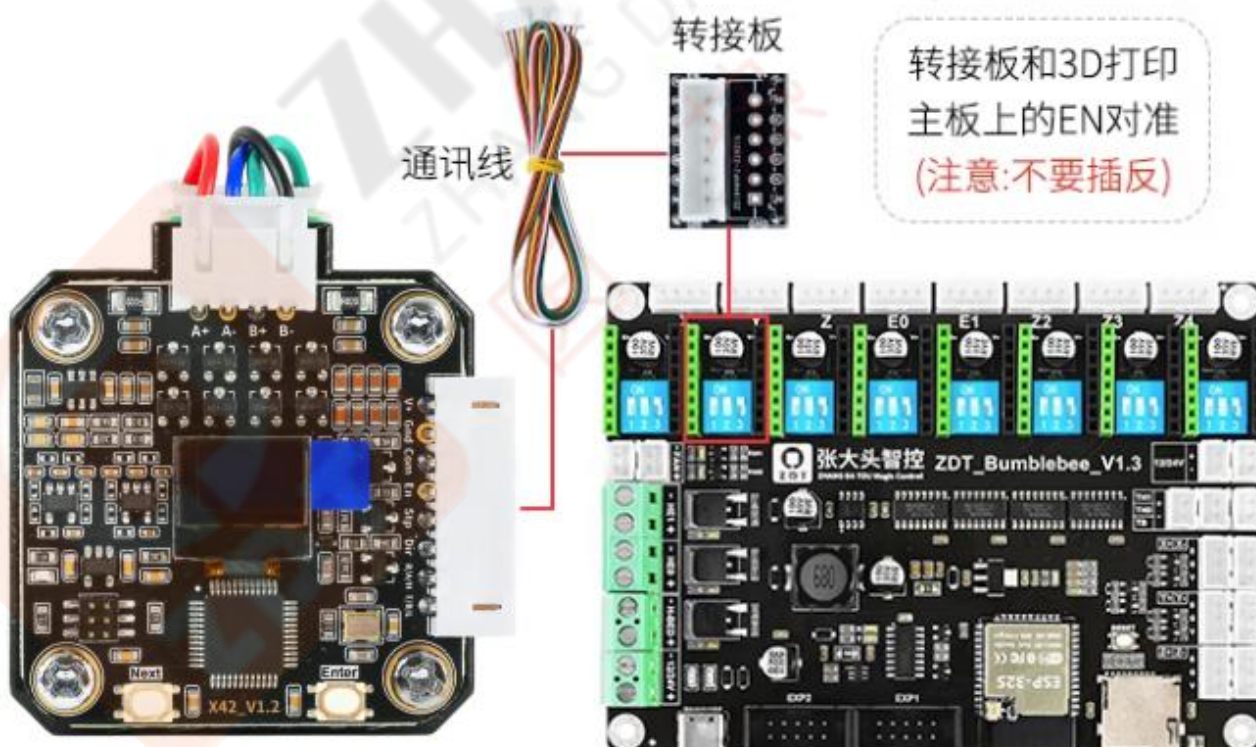




### 5.1.5 EN+/EN-/PUL+/PUL-/DIR+/DIR-差分脉冲控制接线



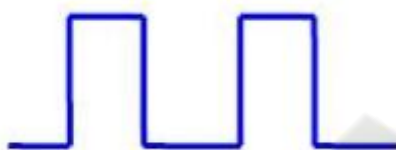
### 5.1.6 3D 打印主板接线



## 5.2 脉冲控制说明

### 1. 什么是脉冲？

控制器控制某一个 IO 端口输出一个 0（低电平）和一个 1（高电平），就是一个脉冲，相当于一个 IO 端口取反两次，下图是控制器 IO 端口输出 2 个脉冲，如图所示：



### 2. 如何发脉冲去控制 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动器？

按照前面章节安装并校准完成编码器后，用控制器一个 IO 端口向 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动器的 Stp 端口发送脉冲过去，就可以控制电机进行旋转。

### 3. 如何控制旋转的角度？

以  $1.8^\circ$  步进电机、16 细分为例，就是发送 3200 个脉冲，电机就旋转一圈  $360^\circ$ ，如果是 32 细分，那就是发送 6400 个脉冲，电机旋转一圈，其他细分或角度可以类推。

### 4. 如何控制旋转的方向？

用控制器另外一个 IO 端口控制 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动器的 Dir 端口，输出 0 为一个方向旋转，输出 1 为另外一个方向旋转。

### 5. 如何控制旋转的速度？

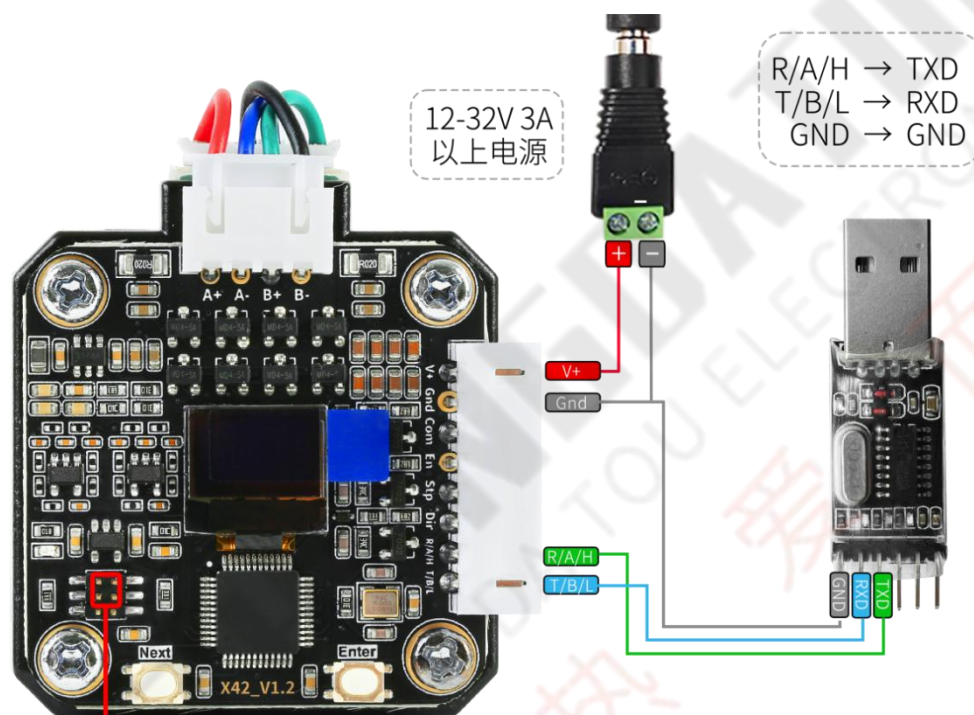
控制器输出 0 和 1 的时间加快，就能加快电机旋转的速度，也就是加快脉冲频率。

## 六、通讯控制

### 6.1 通讯控制接线

#### 6.1.1 串口 TTL 通讯控制接线

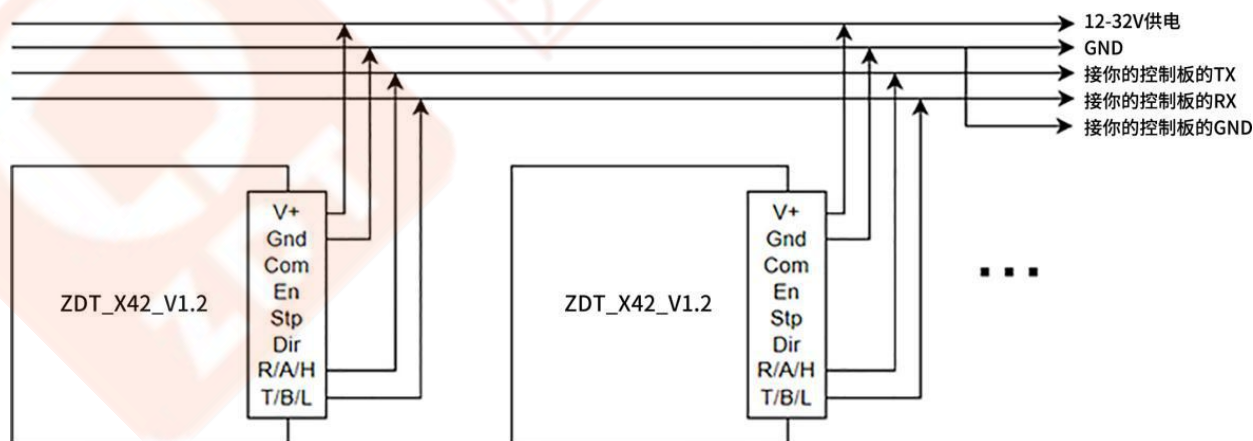
串口 TTL 单机通讯控制接线：



插入2个跳线帽(上面2个插口)

(注意：跳线帽是横着插，不要带电拔插)

串口 TTL 多机通讯控制接线：

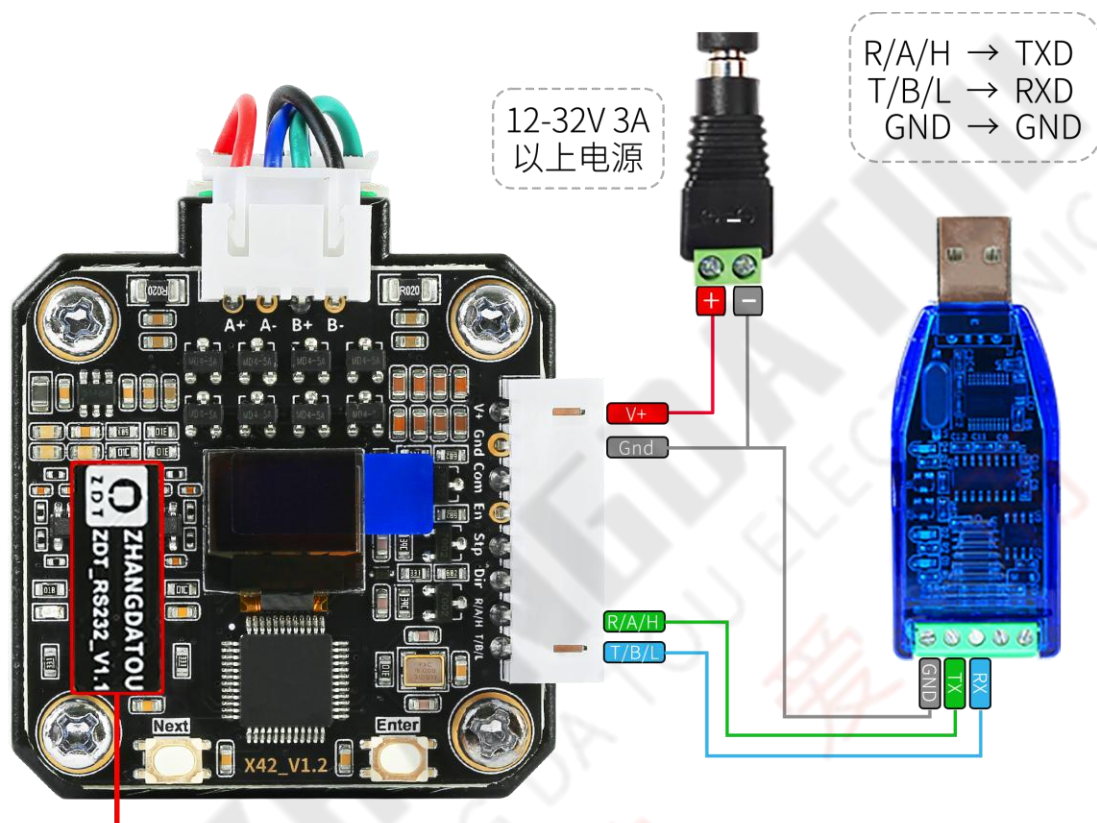


(注意：每个 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动的插针上左边都需要插入两个跳线帽，是横着插)



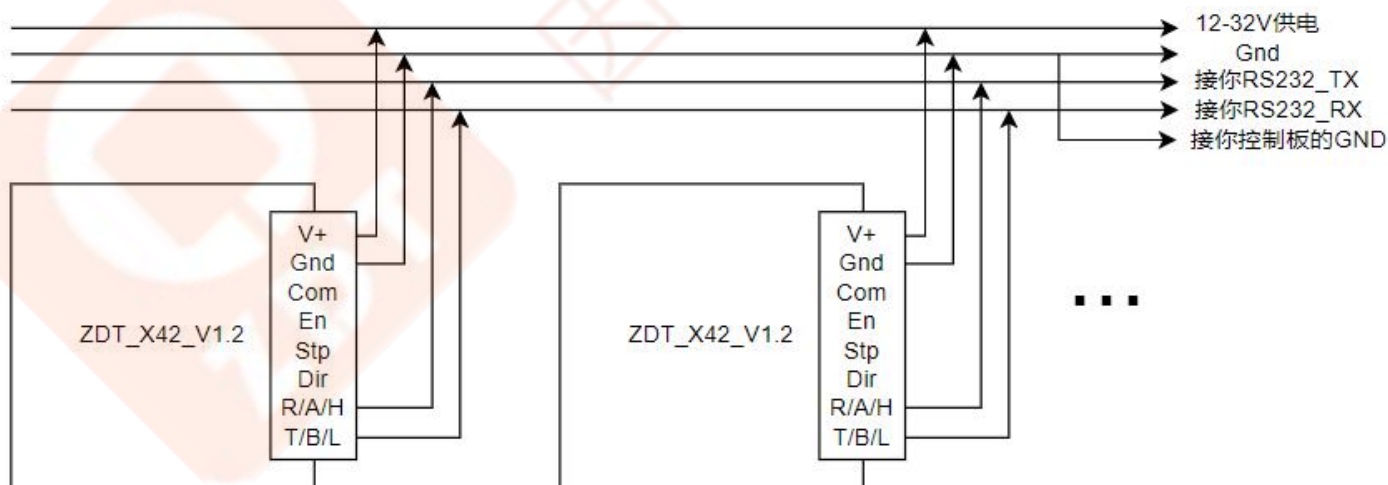
## 6.1.2 RS232 通讯控制接线

RS232 单机通讯控制接线：



插入RS232模块  
(注意：不要带电拔插)

RS232 多机通讯控制接线：

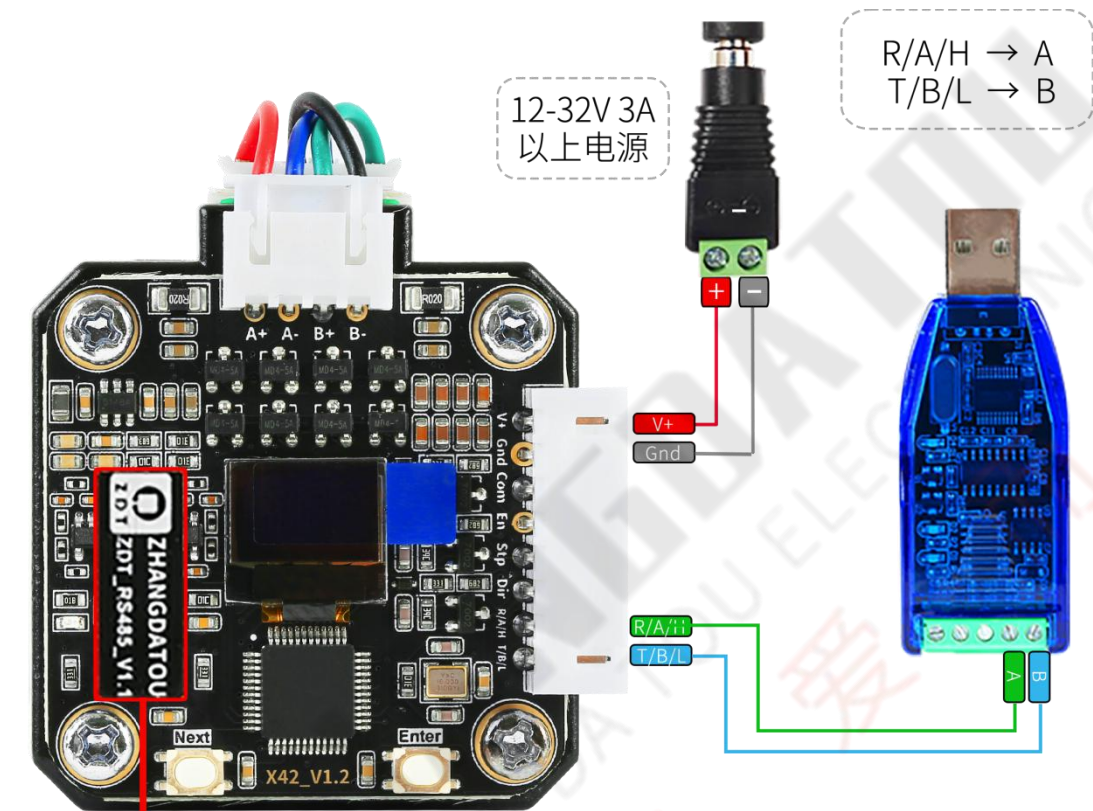


(注意：每个 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动的插针上都需要插入一个 ZDT\_RS232 模块)



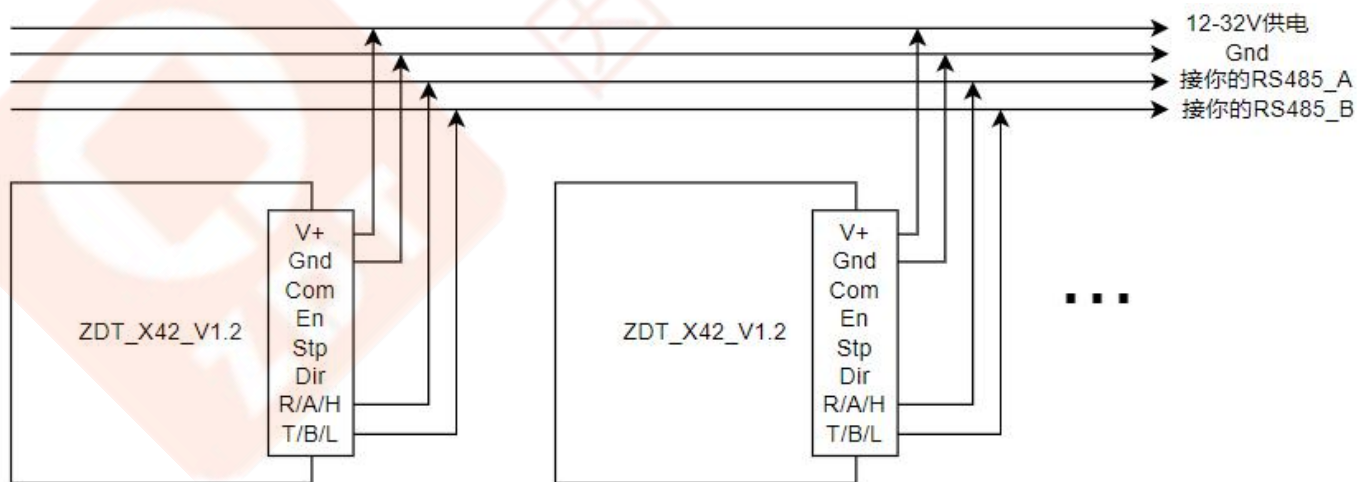
### 6.1.3 RS485 通讯控制接线

RS485 单机通讯控制接线：



插入RS485模块  
(注意：不要带电拔插)

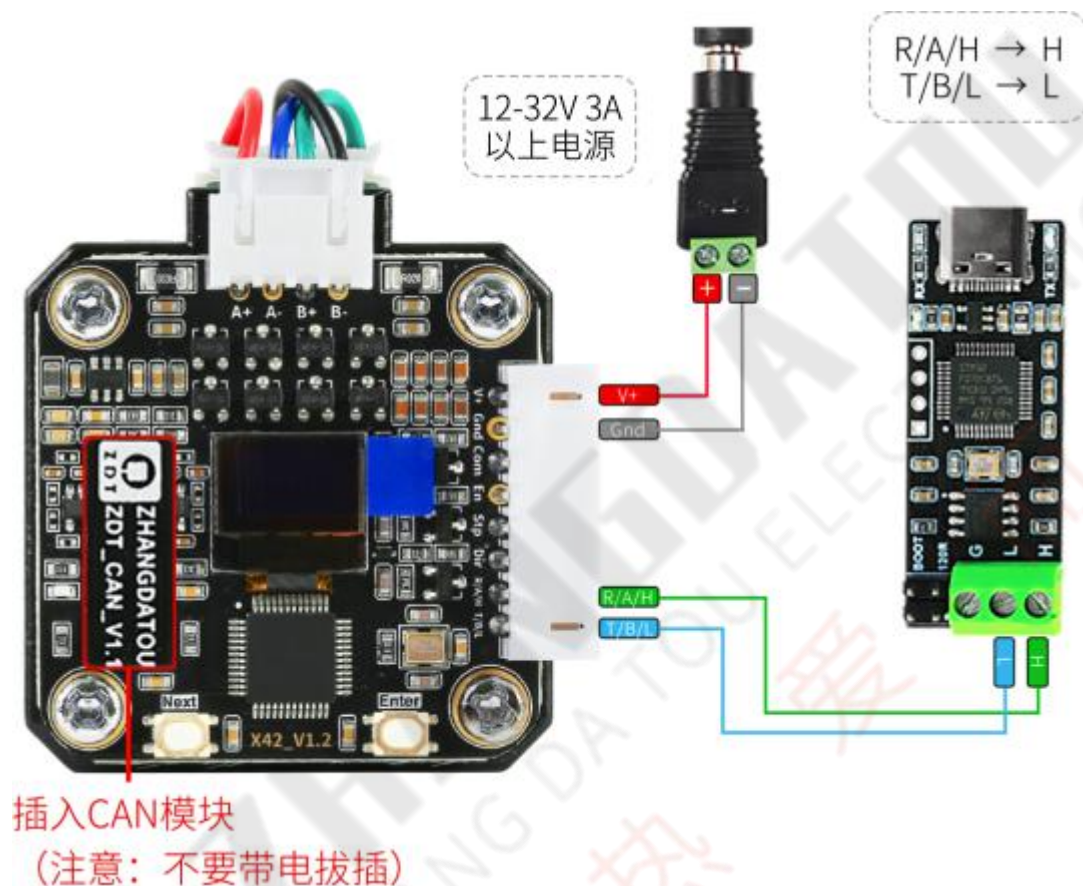
RS485 多机通讯控制接线：



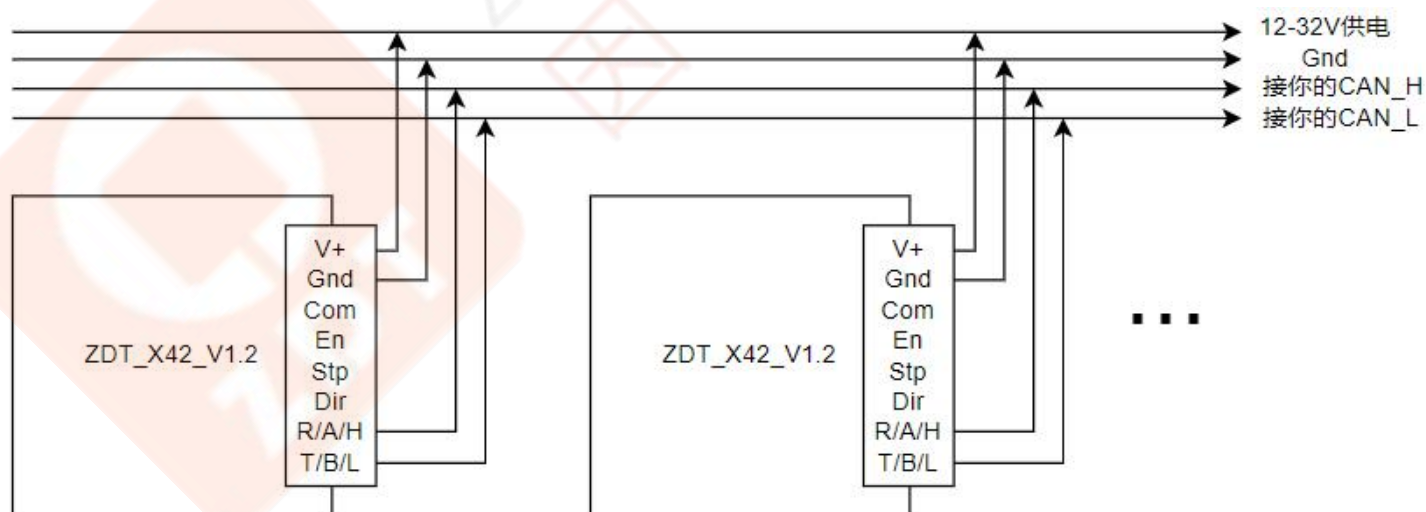
(注意：每个 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动的插针上都需要插入一个 ZDT\_RS485 模块)

## 6.1.4 CAN 通讯控制接线

### CAN 单机通讯控制接线：



### CAN 多机通讯控制接线：



(注意：每个 ZDT\_X42\_V1.2 闭环驱动的插针上都需要插入一个 ZDT\_CAN 模块)

## 6.2 通讯控制设置

### 6.2.1 命令格式说明

Emm42\_V5.0 闭环驱动通讯控制命令格式，发送和接收都按照以下格式：

地址	功能码	指令数据				校验字节
ID_Addr	Func_Code					CheckSum

1. 地址（ID\_Addr）默认为 1，可设置范围为 1-255，0 为广播地址。

(1) 485 总线的负载能力理论上最多能够挂载 256 个从机。

(2) CAN 总线的负载能力理论上最多能够连接 110 个节点。

(3) 地址 1-10 可以在菜单 ID\_Addr 上进行选择修改，大于 10 的地址通过串口/CAN 通讯发送命令进行修改。

(4) 0 为广播地址，上位机以 0 地址发送命令，则所有的闭环电机都会执行这条命令。

(5) 0 为广播地址发送命令时，则只有地址为 1 的电机会回复命令，其他地址不回复。

2. 不同的命令对应不同的功能码和指令数据，详见下一章节“通讯控制命令列表”。

3. 校验字节（CheckSum）可选 0x6B、XOR 校验、CRC-8 校验三种，默认为 0x6B。

(1) 可在菜单 Checksum 上进行选择修改通讯校验方式；

(2) 选择 0x6B，意思就是每条命令的最后一个字节都是 0x6B 作为校验；

(3) 选择 XOR 校验，意思就是每条命令最后一个字节都是将前面全部的字节进行异或作为校验，比如命令 01 06 45 42，最后一个字节  $0x42 = 0x01 \oplus 0x06 \oplus 0x45$ ；

(4) 选择 CRC-8 校验，意思就是每条命令最后一个字节都是将前面全部的字节进行 CRC-8 计算作为校验；



## 6.2.2 上位机和串口助手设置



(勾选 16 进制发送和 16 进制显示，取消勾选发送新行，波特率默认是 115200)



## 6.3 通讯控制命令列表

### 6.3.1 控制动作命令列表

#### ➤ 命令功能：电机使能控制

**命令格式：**地址 + 0xF3 + 0xAB + 使能状态 + 多机同步标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xF3 + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 F3 AB 01 00 6B，正确返回 01 F3 02 6B，条件不满足返回 01 F3 E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**控制电机使能发送 01 F3 AB 01 00 6B；不使能发送 01 F3 AB 00 00 6B

#### ➤ 命令功能：速度模式控制

**命令格式：**地址 + 0xF6 + 方向 + 速度 + 加速度 + 多机同步标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xF6 + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 F6 01 05 DC 0A 00 6B，命令正确返回 01 F6 02 6B，条件不满足返回 01 F6 E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足情况：触发了堵转保护、电机没使能）

**数据解析：**01 表示旋转方向为 CCW（00 表示 CW），05 DC 表示速度为  $0x05DC = 1500$  (RPM)，0A 表示加速度档位为  $0x0A = 10$ ，00 表示不启用多机同步（01 表示启用），如果需要多个电机同步开始运动，请参考“多机通讯及同步控制”章节；

**注意：**加速度档位为 0 表示不使用曲线加减速，直接按照设定的速度运行。曲线加减速时间计算公式： $t_2 - t_1 = (256 - acc) * 50(us)$ ， $V_{t2} = V_{t1} + 1(RPM)$ ；

（注：acc 为加速度档位， $V_{t1}$  为  $t_1$  时刻的转速， $V_{t2}$  为  $t_2$  时刻的转速）

### ➤ 命令功能：位置模式控制

**命令格式：**地址 + 0xFD + 方向 + 速度 + 加速度 + 脉冲数 + 相对/绝对模式标志 + 多机同步标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xFD + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 FD 01 05 DC 00 00 00 7D 00 00 00 6B，正确返回 01 FD 02 6B，条件不满足返回 01 FD E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足情况：触发了堵转保护、电机没使能）

**数据解析：**01 表示旋转方向为 CCW（00 表示 CW），05 DC 表示速度为  $0x05DC = 1500$  (RPM)，00 表示加速度档位为  $0x00 = 0$ ，00 00 7D 00 表示脉冲数为  $0x00007D00 = 32000$  个，00 表示相对位置模式（01 表示绝对位置模式），00 表示不启用多机同步（01 表示启用），如果需要多个电机同步开始运动，请参考“多机通讯及同步控制”章节；

（16 细分下发送 3200 个脉冲电机旋转一圈，32000 个脉冲表示转 10 圈）

**注意：**加速度档位为 0 表示不使用曲线加减速，直接按照设定的速度运行。曲线加减速时间计算公式： $t_2 - t_1 = (256 - acc) * 50(us)$ ， $V_{t2} = V_{t1} + 1(RPM)$ ；

（注：acc 为加速度档位， $V_{t1}$  为  $t_1$  时刻的转速， $V_{t2}$  为  $t_2$  时刻的转速）

### ➤ 命令功能：立即停止

**命令格式：**地址 + 0xFE + 0x98 + 多机同步标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xFE + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 FE 98 00 6B，正确返回 01 FE 02 6B，条件不满足返回 01 FE E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足情况：触发了堵转保护、电机没使能）

**数据解析：**让电机立即停止转动（紧急刹车），可用于速度模式和位置模式都可以。

➤ **命令功能：多机同步运动**

**命令格式：**地址 + 0xFF + 0x66 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xFF + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 FF 66 6B，正确返回 01 FF 02 6B，条件不满足返回 01 FF E2 6B，  
错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足情况：触发了堵转保护、电机没使能）

**数据解析：**让多个电机同步开始运动，请参考“多机通讯及同步控制”章节。

### 6.3.2 原点回零命令列表

➤ **命令功能：设置单圈回零的零点位置**

**命令格式：**地址 + 0x93 + 0x88 + 是否存储标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x93 + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 93 88 01 6B，正确返回 01 93 02 6B，错误命令返回 01 00 EE  
6B

**数据解析：**可以让电机转到想要的位置，然后发送该命令设置单圈回零的零点位置。

➤ **命令功能：触发回零**

**命令格式：**地址 + 0x9A + 回零模式 + 多机同步标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x9A + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 9A 00 00 6B，正 确返回 01 9A 02 6B，条件不满足返回 01 9A E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足情况：触发了堵转保护、电机没使能、单圈回零的零点位置值无效）

**数据解析：**设置完原点回零参数后，可以发送该命令触发原点回零功能。其中，00 表示触发单圈就近回零，01 表示触发单圈方向回零，02 表示触发多圈无限位碰撞回零，03 表示触发多圈有限位开关回零

#### ➤ 命令功能：强制中断并退出回零操作

**命令格式：**地址 + 0x9C + 0x48 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x9C + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 9C 0x48 6B，正 确返回 01 9C 02 6B，条件不满足返回 01 9C E2 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足的情况有：当前没有触发回零操作）

**数据解析：**正在回零的过程中，可以使用该命令强制中断并退出回零操作。

#### ➤ 命令功能：读取原点回零参数

**命令格式：**地址 + 0x22 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x22 + 原点回零参数 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 22 6B，正确返回 01 22 00 00 00 1E 00 00 27 10 0F A0 03 20 00 3C 00 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B



**数据解析：**返回的零点回零参数，它将按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

回零模式	= 0x00 = Nearest = 单圈就近回零模式
回零方向	= 0x00 = CW
回零转速	= 0x001E = 30 (RPM)
回零超时时间	= 0x00002710 = 10000 (ms)
无限位碰撞回零检测转速	= 0x012C = 300 (RPM)
无限位碰撞回零检测电流	= 0x0320 = 800 (Ma)
无限位碰撞回零检测时间	= 0x003C = 60 (ms)
是否使能上电自动触发回零功能	= 0x00 = 不使能

（无限位碰撞回零检测判定条件：电机转速 < 碰撞回零检测转速 + 电机相电流 >  
碰撞回零检测电流 + 持续时间 > 碰撞回零检测时间）

#### ➤ 命令功能：修改原点回零参数

**命令格式：**地址 + 0x4C + 0xAE + 是否存储标志 + 原点回零参数 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x4C + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 4C AE 01 原点回零参数 6B，正确返回 01 4C 02 6B，

错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**修改原点回零参数需要按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

比如，发送如下数据对原点回零参数进行修改：

01 4C AE 01 00 00 00 1E 00 00 27 10 01 2C 03 20 00 3C 00 6B

0x01 = 保存本次修改的配置参数；

0x00 = 回零模式为 Nearest（单圈就近回零模式）；

0x00 = 回零方向为 CW；

0x001E = 回零速度为 30 (RPM)；

0x00002710 = 回零超时时间为 10000 (ms)；

0x012C = 无限位碰撞回零检测转速为 300 (RPM)；

0x0320 = 无限位碰撞回零检测电流为 800 (Ma)；

0x003C = 无限位碰撞回零检测时间为 60 (ms)；

0x00 = 不使能上电自动触发回零功能；

#### ➤ 命令功能：读取回零状态标志位

**命令格式：**地址 + 0x3B + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x3B + 回零状态标志+ 校验字节

**命令示例：**发送 01 3B 6B，正确返回 01 3B 回零状态标志字节 6B，错误命令返回

01 00 EE 6B

**数据解析：**返回的回零状态标志字节的每一位都代表一种状态，比如返回的回零状态标志字节为 0x03，它将按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

编码器就绪状态标志位	= 0x03 & 0x01 = 0x01
校准表就绪状态标志位	= 0x03 & 0x02 = 0x01
正在回零标志位	= 0x03 & 0x04 = 0x00
回零失败标志位	= 0x03 & 0x08 = 0x00

### 6.3.3 触发动作命令列表

➤ **命令功能：触发编码器校准**

**命令格式：**地址 + 0x06 + 0x45 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x06 + 状态码 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 06 45 6B，正确返回 01 06 02 6B，条件不满足返回 01 06 E2 6B，  
错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足的情况有：当前是开环模式、触发了堵转保护）

**数据解析：**触发编码器校准，对应屏幕上的“Cal”菜单

➤ **命令功能：将当前的位置角度清零**

**命令格式：**地址 + 0x0A + 0x6D + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x0A + 状态码 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 0A 6D 6B，正确返回 01 0A 02 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**将当前位置角度、位置误差、脉冲数等全部清零。

➤ **命令功能：解除堵转保护**

**命令格式：**地址 + 0x0E + 0x52 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x0E + 状态码 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 0E 52 6B，正确返回 01 0E 02 6B，条件不满足返回 01 0E E2 6B，  
错误命令返回 01 00 EE 6B

（条件不满足的情况有：没有触发到堵转保护）

**数据解析：**电机发生堵转后，发送该命令可以解除堵转保护。

➤ **命令功能：恢复出厂设置**

**命令格式：**地址 + 0x0F + 0x5F + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x0F + 状态码 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 0F 5F 6B，正确返回 01 0F 02 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B，触发恢复出厂设置后，蓝灯亮起，需要断电重新上电校准编码器。

**数据解析：**发送该命令可以恢复出厂设置，恢复出厂设置后需要重新上电，重新空载校准编码器。

#### 6.3.4 读取参数命令列表

➤ **命令功能：读取固件版本和对应的硬件版本**

**命令格式：**地址 + 0x1F + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x1F + 固件版本号 + 对应的硬件版本号 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 1F 6B，正确返回 01 1F 7D 6F 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**固件版本 = 0xF4 = Emm42\_V5.0.0，对应的硬件版本 = 0x78 = 120 = ZDT\_X42\_V1.2 版本

➤ **命令功能：读取相电阻和相电感**

**命令格式：**地址 + 0x20 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x20 + 相电阻 + 相电感 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 20 6B，正确返回 01 20 04 7A 0D 28 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**相电阻 = 0x047A = 1146mΩ，相电感 = 0x0D28 = 3368uH（注意单位）



➤ 命令功能：读取位置环 PID 参数

命令格式：地址 + 0x21 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x21 + 位置环 PID 参数 + 校验字节

命令示例：发送 01 21 6B，正确返回 01 21 00 00 F2 30 00 00 00 64 00 00 F2 30

6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：

$K_p = 0x0000F230 = 62000$ ,  $K_i = 0x00000064 = 100$ ,  $K_d = 0x0000F230 = 62000$ ;

➤ 命令功能：读取总线电压

命令格式：地址 + 0x24 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x24 + 总线电压 + 校验字节

命令示例：发送 01 24 6B，正确返回 01 24 5C 6A 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：总线电压 =  $0x5C6A = 23658\text{mV}$ （输入电压经过反接二极管后会有压降）

➤ 命令功能：读取相电流

命令格式：地址 + 0x27 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x27 + 总线相电流 + 校验字节

命令示例：发送 01 27 6B，正确返回 01 27 02 73 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：相电流 =  $0x0273 = 627\text{Ma}$

➤ 命令功能：读取经过线性化校准后的编码器值

命令格式：地址 + 0x31 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x31 + 读取经过线性化校准后的编码器值 + 校验字节

命令示例：发送 01 31 6B，正确返回 01 31 8D 9E 6B，错误返回 01 00 EE 6B

数据解析：经过线性化校准后的编码器值 =  $0x8D9E = 36254$

（注意：经过线性化校准后，内部对编码器值进行了 4 倍频，一圈的数值是 0-65535）

#### ➤ 命令功能：读取输入脉冲数

命令格式：地址 + 0x32 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x32 + 符号 + 输入脉冲数 + 校验字节

命令示例：发送 01 32 6B，正确返回 01 32 01 00 00 0C 80 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：01 表示负数 (00 表示正数)，00 00 0C 80 表示输入脉冲数

输入脉冲数 =  $-0x0C80 = -3200$  个

#### ➤ 命令功能：读取电机目标位置

命令格式：地址 + 0x33 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x33 + 符号 + 电机目标位置 + 校验字节

命令示例：发送 01 33 6B，正确返回 01 33 01 00 01 00 00 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：01 表示负数 (00 表示正数)，00 01 00 00 表示电机目标位置值（0-65535 表示一圈），如果要转换成角度，可以这样计算：

电机目标位置角度 =  $-0x00010000 = (-65536 * 360) / 65536 = -360.0^\circ$

➤ 命令功能：读取电机实时设定的目标位置（开环模式的实时位置）

命令格式：地址 + 0x34 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x34 + 符号 + 电机目标位置 + 校验字节

命令示例：发送 01 34 6B，正确返回 01 34 01 00 01 00 00 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：01 表示负数(00 表示正数)，00 01 00 00 表示电机实时设定的目标位置（0-65535 表示一圈），如果要转换成角度，可以这样计算：

$$\text{电机实时设定的目标位置} = -0x00010000 = (-65536 * 360) / 65536 = -360.0^\circ$$

➤ 命令功能：读取电机实时转速

命令格式：地址 + 0x35 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x35 + 符号 + 电机实时转速 + 校验字节

命令示例：发送 01 35 6B，正确返回 01 35 01 05 DC 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：01 表示负数(00 表示正数)，05 DC 表示电机实时转速

$$\text{电机实时转速} = -0x05DC = -1500\text{RPM (转/每分钟)}$$

➤ 命令功能：读取电机实时位置

命令格式：地址 + 0x36 + 校验字节

命令返回：地址 + 0x36 + 符号 + 电机实时位置 + 校验字节

命令示例：发送 01 36 6B，正确返回 01 36 01 00 01 00 00 6B，错误命令返回 01

00 EE 6B

**数据解析：**01 表示负数(00 表示正数)，00 01 00 00 表示电机实时位置值（0-65535 表示一圈），如果要转换成角度，可以这样计算：

$$\text{电机实时位置角度} = -0x00010000 = (-65536 * 360) / 65536 = -360.0^\circ$$

➤ **命令功能：读取电机位置误差**

**命令格式：**地址 + 0x37 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x37 + 符号 + 电机位置误差 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 37 6B，正确返回 01 37 01 00 00 00 08 6B，错误命令返回 01

00 EE 6B

**数据解析：**01 表示负数(00 表示正数)，00 00 00 08 表示电机位置误差值（0-65535 表示一圈），如果要转换成角度，可以这样计算：

$$\text{电机实时位置角度} = -0x00000008 = (-8 * 360) / 65536 = -0.0439453125^\circ$$

➤ **命令功能：读取电机状态标志位**

**命令格式：**地址 + 0x3A + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x3A + 状态标志+ 校验字节

**命令示例：**发送 01 3A 6B，正确返回 01 3A 电机状态标志字节 6B，错误命令返回

01 00 EE 6B

**数据解析：**比如返回 01 3A 03 6B，可以这样进行电机状态的判断：

$$\text{电机使能状态标志位} = 0x03 \& 0x01 = 0x01 = \text{true}$$



电机到位标志位      =  $0x03 \ \& \ 0x02 = 0x01 = \text{true}$

电机堵转标志位      =  $0x03 \ \& \ 0x04 = 0x00 = \text{false}$

电机堵转保护标志    =  $0x03 \ \& \ 0x08 = 0x00 = \text{false}$

## ➤ 命令功能：读取驱动配置参数

**命令格式：**地址 + 0x42 + 0x6C + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x42 + 驱动配置参数 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 42 6C 6B，正确返回 01 42 驱动配置参数 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**命令正确返回 01 42 后面的字节就是驱动的配置参数，它将按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

比如，发送读取驱动配置参数 01 42 6C 6B 命令后，返回如下数据：

01 42 21 15 19 02 02 00 10 01 00 03 E8 0B B8 0F A0 05 07 01 00 01 01 00  
28 09 60 0F A0 00 01 6B

返回命令所包含的字节数 =  $0x21 = 33$  个；

返回命令的配置参数个数 =  $0x15 = 21$  个；

电机类型 =  $0x19 = 25 = 1.8^\circ$  电机（ $0.9^\circ$  电机为 50）；

脉冲端口控制模式 =  $0x02 = \text{PUL\_FOC} = \text{FOC 矢量闭环模式}$ （对应屏幕选项顺序）；

通讯端口复用模式 =  $0x02 = \text{UART\_FUN} = \text{串口/RS232/RS485 通讯}$ ；

En 引脚的有效电平 =  $0x02 = \text{Hold} = \text{一直有效}$ ；

Dir 引脚的有效方向 =  $0x00 = \text{CW} = \text{顺时针方向}$ ；

细分 =  $0x10$  = 16（如果返回  $0x00$ ，则为 256 细分）；

细分插补功能 =  $0x01$  = Enable = 使能；

自动熄屏功能 =  $0x00$  = Disable = 不使能；

开环模式工作电流 =  $0x03E8$  = 1000Ma；

闭环模式堵转时的最大电流 =  $0x0BB8$  = 3000Ma；

闭环模式最大输出电压 =  $0x0FA0$  = 4000mV；

串口波特率 =  $0x05$  = 115200（对应屏幕选项顺序： $0x00$  为 9600，...）；

CAN 通讯速率 =  $0x07$  = 500000（对应屏幕选项顺序： $0x00$  为 10000，...）；

ID 地址（串口/RS232/RS485/CAN 通用） =  $0x01$  = 1；

通讯校验方式 =  $0x00$  = 通讯校验方式固定为  $0x6B$ ；

控制命令应答 =  $0x01$  = 控制命令列表只回复确认收到命令；

堵转保护功能 =  $0x01$  = 使能；

堵转保护转速阈值 =  $0x0028$  = 40RPM（转/每分钟）；

堵转保护电流阈值 =  $0x0960$  = 2400Ma；

堵转保护检测时间阈值 =  $0x0FA0$  = 4000ms；

**（堵转检测判定条件：电机实际转速 < 设置的堵转检测转速阈值 + 电机实际相电流 > 设置的堵转检测相电流阈值 + 持续时间 > 设置的堵转检测时间阈值）**

位置到达窗口 =  $0x0001$  = 1 =  $0.1^\circ$ ；

（表示当目标位置（你发送的位置角度）与传感器实际位置（传感器读取的位置角度）相差小于  $0.1^\circ$  时，认为电机已经到达设定的位置，将置位位置到达标志位，如果控制命令应答设置为返回到位命令，则到位后将返回到位命令：地址 + FD + 9F + 6B）

## ➤ 命令功能：读取系统状态参数

**命令格式：**地址 + 0x43 + 0x7A + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x43 + 系统状态参数 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 43 7A 6B，正确返回 01 43 系统状态参数 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**命令正确返回 01 43 后面的字节就是系统的状态参数，它将按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

比如，发送读取系统状态参数 01 43 7A 6B 命令后，返回如下数据：

01 43 1F 09 5C 67 00 03 43 EB 01 00 01 00 00 00 00 00 01 00 01 00 00 01 00  
00 00 08 03 03 6B

返回命令所包含的字节数 = 0x1F = 31 个；

返回命令的配置参数个数 = 0x09 = 9 个；

总线电压 = 0x5C67 = 23655mV；

总线相电流 = 0x0003 = 3Ma；

校准后编码器值 = 0x43EB = 17387；

电机目标位置 = -0x00010000 = -(65536 \* 360)/65536 = -360° (01 表示符号)；

电机实时转速 = 0x0000 = 0RPM (00 表示符号)；

电机实时位置 = -0x00010000 = -(65536 \* 360)/65536 = -360° (01 表示符号)；

电机位置误差 = -0x00000001 = -(8 \* 360)/65536 ≈ -0.044° (01 表示符号)；

就绪状态标志 = 0x03；

- 编码器就绪状态标志位 = 0x03 & 0x01 = 就绪；

- 校准表就绪状态标志位 =  $0x03 \& 0x02$  = 就绪;
- 正在回零标志位 =  $0x03 \& 0x04$  = 当前没有回零;
- 回零失败标志位 =  $0x03 \& 0x08$  = 没有回零失败;

电机状态标志 =  $0x03$ ;

- ◆ 使能状态标志位 =  $0x03 \& 0x01$  = 电机处于使能状态;
- ◆ 电机到位标志位 =  $0x03 \& 0x02$  = 电机已经到位;
- ◆ 电机堵转标志位 =  $0x03 \& 0x04$  = 没触发堵转;
- ◆ 堵转保护标志位 =  $0x03 \& 0x08$  = 没触发堵转保护;

### 6.3.5 修改参数命令列表

#### ➤ 命令功能：修改任意细分

命令格式：地址 +  $0x84$  +  $0x8A$  + 是否存储标志 + 细分值 + 校验字节

命令返回：地址 +  $0x84$  + 命令状态 + 校验字节

命令示例：发送 01 84 8A 01 07 6B，正确返回 01 84 02 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

数据解析：修改细分为  $0x07 = 7$  细分，并存储到芯片上；（注：00 表示 256 细分）

#### ➤ 命令功能：修改任意 ID 地址

命令格式：地址 +  $0xAE$  +  $0x4B$  + 是否存储标志 + ID 地址 + 校验字节

命令返回：地址 +  $0xAE$  + 命令状态 + 校验字节

命令示例：发送 01 AE 4B 01 10 6B，正确返回 01 AE 02 6B，错误命令返回 01 00



EE 6B

**数据解析：**修改 ID 地址为  $0x10 = 16$ ，并存储到芯片上；

➤ **命令功能：**切换开环/闭环模式（P\_Pu1 菜单选项）

**命令格式：**地址 +  $0x46$  +  $0x69$  + 是否存储标志 + 开环/闭环模式 + 校验字节

**命令返回：**地址 +  $0x46$  + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 46 69 01 01 6B，正确返回 01 46 02 6B，错误命令返回 01 00

EE 6B

**数据解析：**发送 01 46 69 01 01 6B 修改为开环模式，发送 01 46 69 01 02 6B 修改为闭环模式

➤ **命令功能：**修改开环模式的工作电流

**命令格式：**地址 +  $0x44$  +  $0x33$  + 是否存储标志 + 开环模式电流 + 校验字节

**命令返回：**地址 +  $0x44$  + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 44 33 00 03 E8 6B，正确返回 01 44 02 6B，错误命令返回 01

00 EE 6B

**数据解析：**修改开环模式电流为  $0x03E8 = 1000$  (Ma)，不存储（断电丢失）；

➤ **命令功能：**修改驱动配置参数

**命令格式：**地址 +  $0x48$  +  $0xD1$  + 是否存储标志 + 驱动配置参数 + 校验字节

**命令返回：**地址 +  $0x48$  + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 48 D1 01 驱动参数 6B，正确返回 01 48 02 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**修改驱动配置参数需要按照下面的数据格式进行排列和数据的转换：

比如，发送如下数据对驱动的配置参数进行修改：

01 48 D1 01 19 02 02 00 10 01 00 03 E8 0B B8 0F A0 05 07 01 00 01 01 00  
28 09 60 0F A0 00 01 6B

0x01 = 保存本次修改的配置参数；

0x19 = 修改电机类型为 1.8° 电机；

0x02 = 修改脉冲端口控制模式为 PUL\_FOC，即 FOC 矢量闭环模式；

0x02 = 修改通讯端口复用模式为 UART\_FUN，即串口/RS232/RS485 通讯；

0x02 = 修改 En 引脚的有效电平为 Hold，即一直有效；

0x00 = 修改 Dir 引脚的有效方向为 CW，即顺时针方向；

0x10 = 修改细分为 16 细分（注意：256 细分用 00 表示）；

0x01 = 修改细分插补功能为 Enable，即使能细分插补；

0x00 = 修改自动熄屏功能为 Disable，即不使能自动熄屏功能；

0x03E8 = 修改开环模式工作电流为 1000Ma；

0x0BB8 = 修改闭环模式堵转时的最大电流为 3000Ma；

0x0FA0 = 修改闭环模式最大输出压为 4000mV；

0x05 = 修改串口波特率为 115200（对应屏幕选项顺序：0x00 为 9600，...）；

0x07 = 修改 CAN 通讯速率为 500000（对应屏幕选项顺序：0x00 为 10000，...）；

0x01 = 该值原为修改 ID 地址为 1，现取消，使得可用广播地址批量修改驱动参数；

0x00 = 修改通讯校验方式为 0x6B;

0x01 = 修改控制命令应答为 Receive, 即只回复确认收到命令;

0x01 = 修改堵转保护功能为 Enable, 即使能堵转保护;

0x0028 = 修改堵转保护转速阈值为 40RPM (转/每分钟);

0x0960 = 修改堵转保护电流阈值为 2400Ma;

0x0FA0 = 修改堵转保护检测时间阈值为 4000ms;

0x0001 = 修改位置到达窗口为  $0.1^{\circ}$  ;

(当目标位置 - 实时位置  $< 0.1^{\circ}$  时, 认为电机已经到达位置, 将置位到位标志)

#### ➤ 命令功能: 修改位置环 PID 参数

**命令格式:** 地址 + 0x4A + 0xC3 + 是否存储标志 + 位置环 PID 参数 + 校验字节

**命令返回:** 地址 + 0x4A + 命令状态 + 校验字节

**命令示例:** 发送 01 4A C3 01 位置环 PID 参数 6B, 正确返回 01 4A 02 6B,

错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析:** 修改位置环 PID 参数需要按照下面的数据格式进行排列和数据的转换:

比如, 发送如下数据对位置环的 PID 参数进行修改:

01 4A C3 00 00 00 F2 30 00 00 00 64 00 00 F2 30 6B

0x00 = 不保存本次修改的配置参数;

0x0000F230 = 修改  $K_p = 62000$ ;

0x00000064 = 修改  $K_i = 100$ ;

0x0000F230 = 修改  $K_d = 62000$ ;

➤ **命令功能：**存储一组速度模式参数（方向、速度、加速度），上电自动运行

**命令格式：**地址 + 0xF7 + 0x1C + 存储/清除标志 + 方向 + 速度 + 加速度 + 是否使能 En 引脚控制启停标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0xF7 + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 F7 1C 01 01 05 DC 0A 01 6B，正确返回 01 F7 02 6B，  
错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**01 表示方向为 CCW（00 表示 CW），05 DC 表示速度为  $0x05DC = 1500$  (RPM)，  
0A 表示加速度档位为  $0x0A = 10$ ，01 表示启用 En 引脚控制电机启停（00 表示不启用）；  
（发送命令 01 F7 1C 01 01 05 DC 0A 01 6B 后，每次上电，电机都会自动以加速度 10 加速到-1500RPM 的速度运行，并可以通过 En 引脚进行控制启动和停止，其中，En 引脚控制电机启动的有效电平可在菜单 En 中选择，选 H 为高电平启动，低电平停止）

➤ **命令功能：**修改通讯控制的输入速度是否缩小 10 倍输入（S\_Vel\_IS 菜单选项）

**命令格式：**地址 + 0x4F + 0x71 + 是否存储标志 + 通讯控制输入速度是否缩小 10 倍标志 + 校验字节

**命令返回：**地址 + 0x4F + 命令状态 + 校验字节

**命令示例：**发送 01 4F 71 01 01 6B，正确返回 01 4F 02 6B，错误命令返回 01 00 EE 6B

**数据解析：**01 为使能（00 为不使能），使能后，通讯控制发送的速度值会缩小 10 倍，比如发送 1RPM 的速度，但电机实际是以 0.1RPM 的速度去运行；

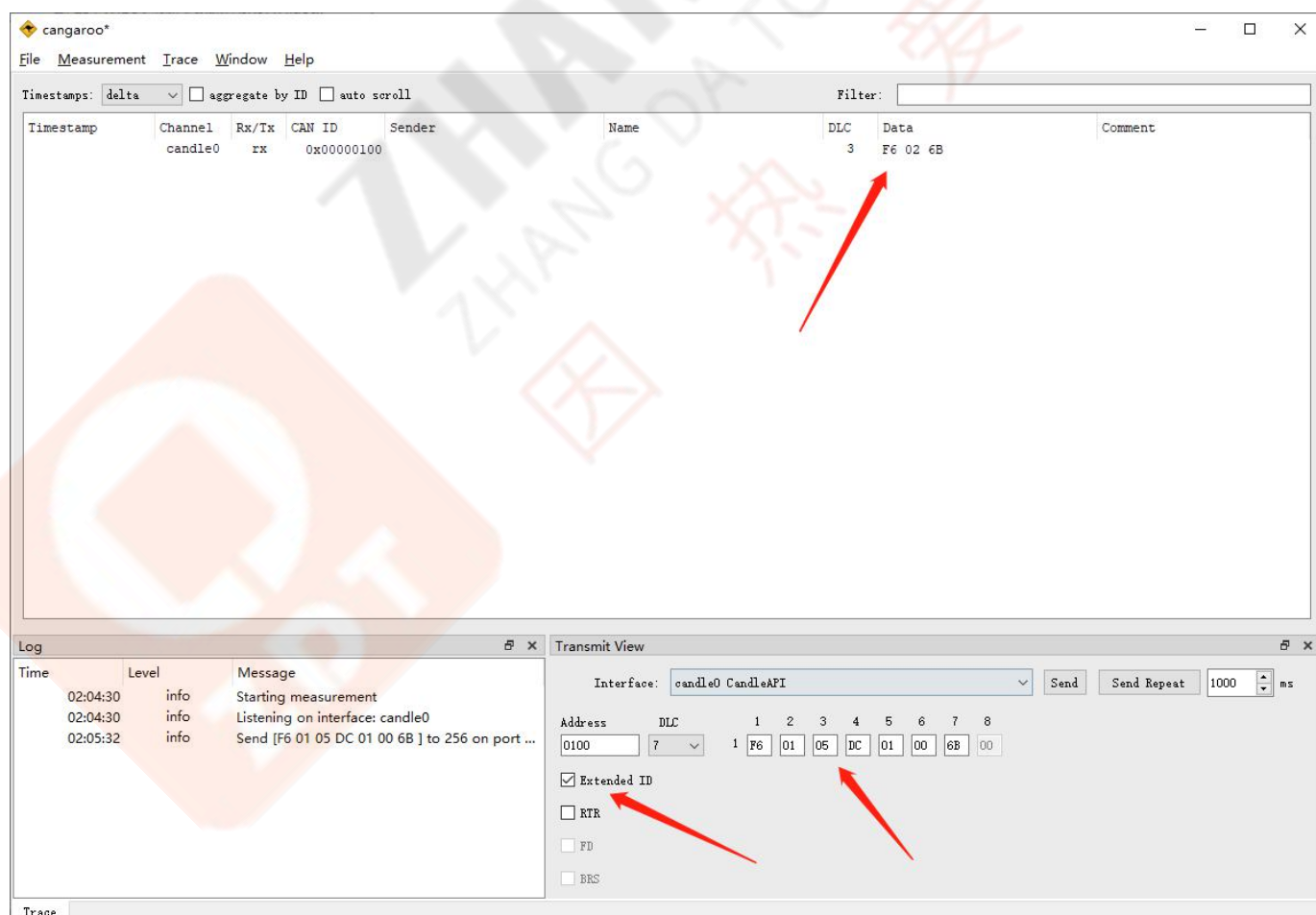
（速度模式控制指令、位置模式控制指令、存储速度模式参数指令都有效）



## 6.4 CAN 通讯控制说明

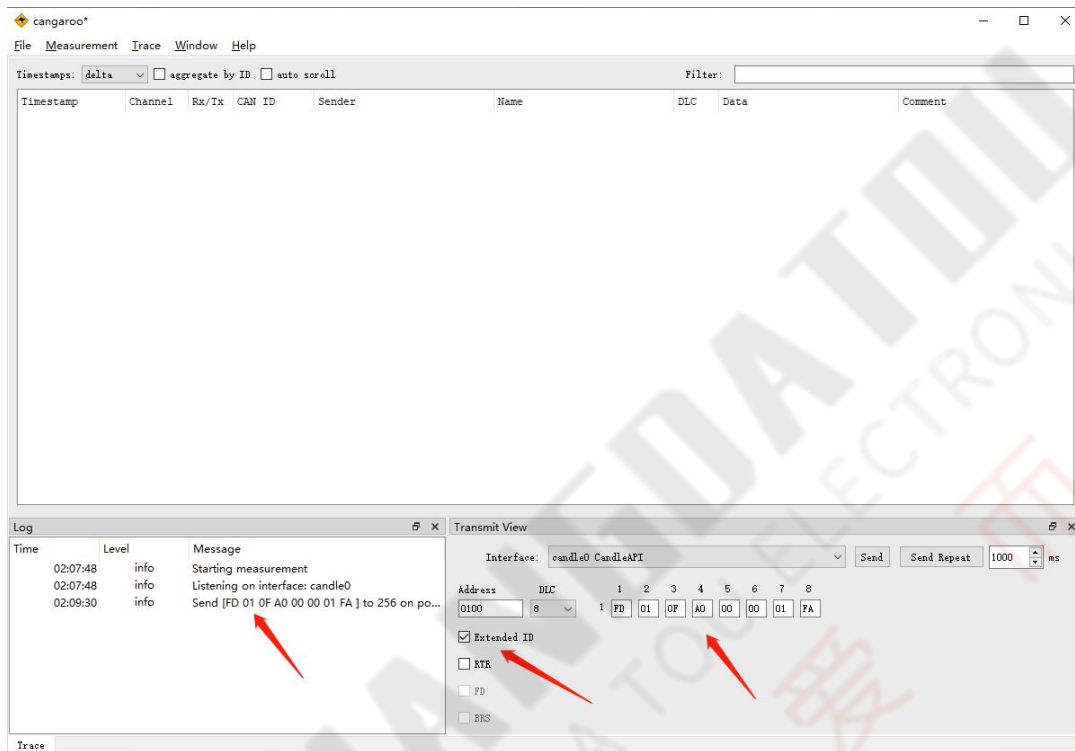
1. 设置 P\_Serial 菜单选项，需要选择为 CAN1\_MAP 通讯模式。
2. CAN 通讯帧类型固定为扩展帧类型。
3. CAN 通讯与串口/RS232/RS485 通讯发送的命令格式一样，只是 ID 地址上和大于 8 字节的命令上有所不同。
4. CAN 通讯的帧 ID 在菜单 ID\_Addr 中设置，默认为 1，但发送命令时，需要左移 8 位，低 8 位表示第几包数据，如果小于 8 字节命令，则低 8 位保持为 00 即可。
5. 大于 8 字节的命令，需要拆包分包发送，功能码都要有，请参考下面的示例。

小于 8 字节命令（速度模式：01 F6 01 05 DC 01 00 6B）

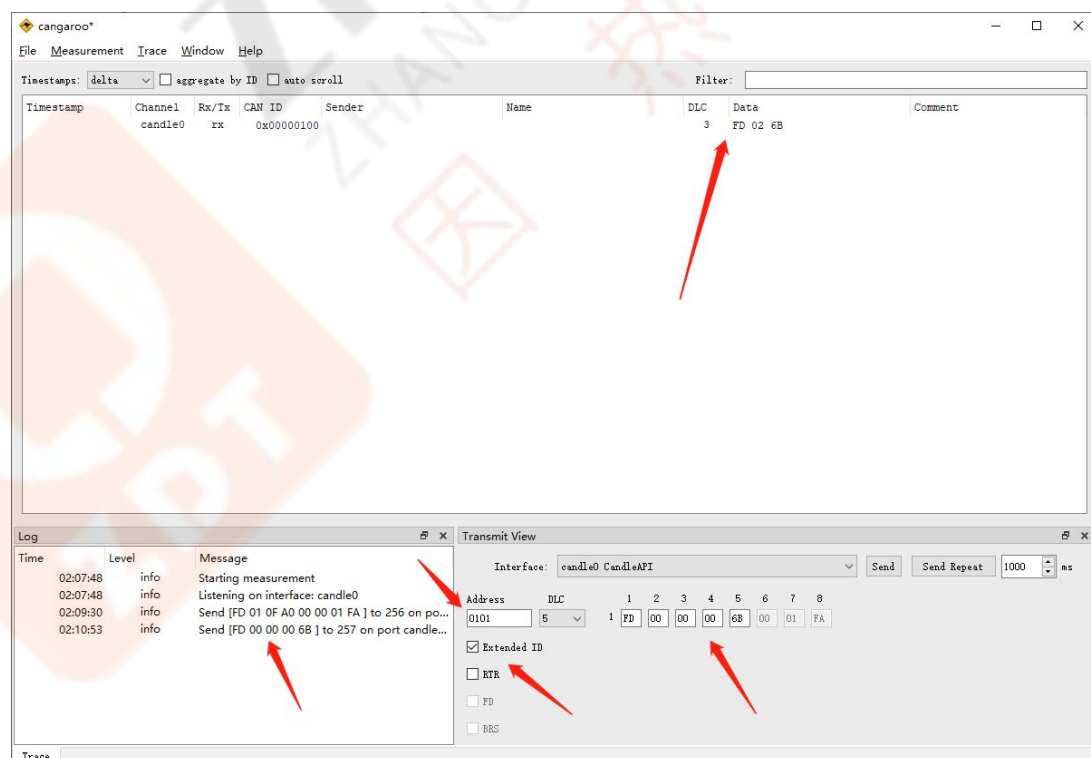


大于 8 字节命令（位置模式：01 FD 01 0F A0 00 00 01 FA 00 00 00 6B）

1. 先发送 FD 01 0F A0 00 00 01 FA（注意：帧 ID 为 0100，表示第 0 包数据）



2. 再发送 FD 00 00 00 6B（注意：帧 ID 为 0101，表示第 1 包数据）



## 6.5 多机通讯及同步控制

### 一、多机通讯：

1. 多机通讯的接线见 6.1 章节“**通讯控制接线**”。
2. 修改每个电机的 ID 地址唯一，在菜单 ID\_Addr 中进行选择修改，详细操作见 6.2 章节“**通讯控制命令格式说明**”。
3. 按电机 ID 地址发送命令，控制电机运动，比如有地址 1 和地址 2 两个电机：
  - 发送 **01** F6 01 05 DC 01 00 6B，则 1 地址电机执行这条命令运动；
  - 发送 **02** F6 01 05 DC 01 00 6B，则 2 地址电机执行这条命令运动；
  - 发送 **00** F6 01 05 DC 01 00 6B，则 1 和 2 地址电机都执行这条命令运动(广播)；

### 二、同步控制：

比如有地址 1、地址 2 两个电机，假设需要：

- ◆ 1 地址电机速度 1500RPM，加速度档位为 8，相对运动-3600.0°；
- ◆ 2 地址电机速度 1000RPM，加速度档位为 10，绝对运动 7200.0°；
- ◆ 1 和 2 地址电机要同步开始运动（同时开始运动）；

则，可以按照以下操作进行两者的同步控制：

1. 先发送 1 地址电机命令 **01** FD 01 05 DC 08 00 00 7D 00 00 **01** 6B，正确返回 **01** FD 02 6B，此时 1 地址电机先不会运动，因为多机同步标志为 **01**；
2. 再发送 2 地址电机命令 **02** FD 00 03 E8 0A 00 00 FA 00 01 **01** 6B，正确返回 **02** FD 02 6B，此时 2 地址电机先不会运动，因为多机同步标志为 **01**；
3. 再发送多机同步运动命令 **00** FF 66 6B，此时 1 和 2 地址电机开始同步运动；

## 七、原点回零操作说明

### 7.1 单圈就近/方向回零操作说明

单圈回零模式有两种：**单圈就近回零**和**单圈方向回零**，顾名思义，**单圈就近回零**就是往靠近零点位置的方向回零，而**单圈方向回零**就是根据 0\_Dir 选项设定的方向回零，

**单圈就近/方向回零操作步骤如下：**

1. 断电状态将电机轴移动到指定位置、或上电状态下将电机轴运动到指定位置；
2. 点击菜单 0\_Set 中的 Set 0 选项，或者发送单圈零点设置命令 01 93 88 01 6B 设置单圈回零的零点位置；
3. 设置完成后，根据自身需求，可以选择使能上电自动触发回零功能（0\_POT\_En 选项设置为 Enable），也可以通讯发送“**触发回零**”命令进行回零。

**命令触发回零**

回零模式: Nearest

多机同步运动标志: False

触发回零

设置单圈回零的零点位置

是否存储: 是

强制中断并退出回零操作

**说明:**

1. 先设置好原点回零参数
2. 单圈回零需要设置零点位置
3. 碰撞回零需要设置检测条件
4. 设置完成后，再触发回零

### 7.2 多圈无限位碰撞回零操作说明

**原理：**利用电机运动过程中，碰撞到机器结构边缘时，电流会瞬间变大，转速会瞬间变小，这一特点，类似堵转检测的原理，简而言之，就是让电机碰一下进行回零。

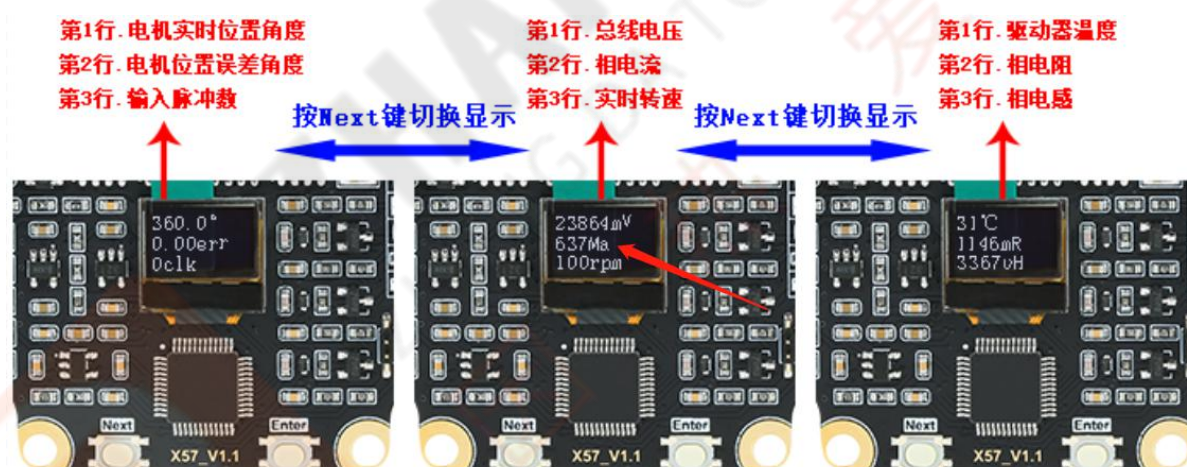
**前提条件：**电机带的负载固定；



检测判定条件： $\text{电机转速} < \text{碰撞回零检测转速} + \text{电机相电流} > \text{碰撞回零检测电流} + \text{持续时间} > \text{碰撞回零检测时间}$ （注意：检测阈值可在上位机或屏幕中进行修改）

多圈无限位碰撞回零操作步骤如下：

- (1) 先用上位机用直通位置限速模式控制电机带着“固定负载”，以“回零速度”正常运动，并观察小屏幕此时的相电流大概是多少，比如大约 637Ma；
- (2) 修改“无限位碰撞回零检测电流”比 637Ma 略大一些，比如设置为 800Ma；
- (3) 修改“无限位碰撞回零检测转速”可以设置为 300RPM；
- (4) 修改“无限位碰撞回零检测时间”可以设置为 60ms；
- (5) 根据自身需求，可以将“上电自动触发回零功能”进行使能（Enable）；
- (6) 如果上电自动触发无限位回零的方向不对，可在菜单 0\_Dir 修改回零方向；



**原点回零**

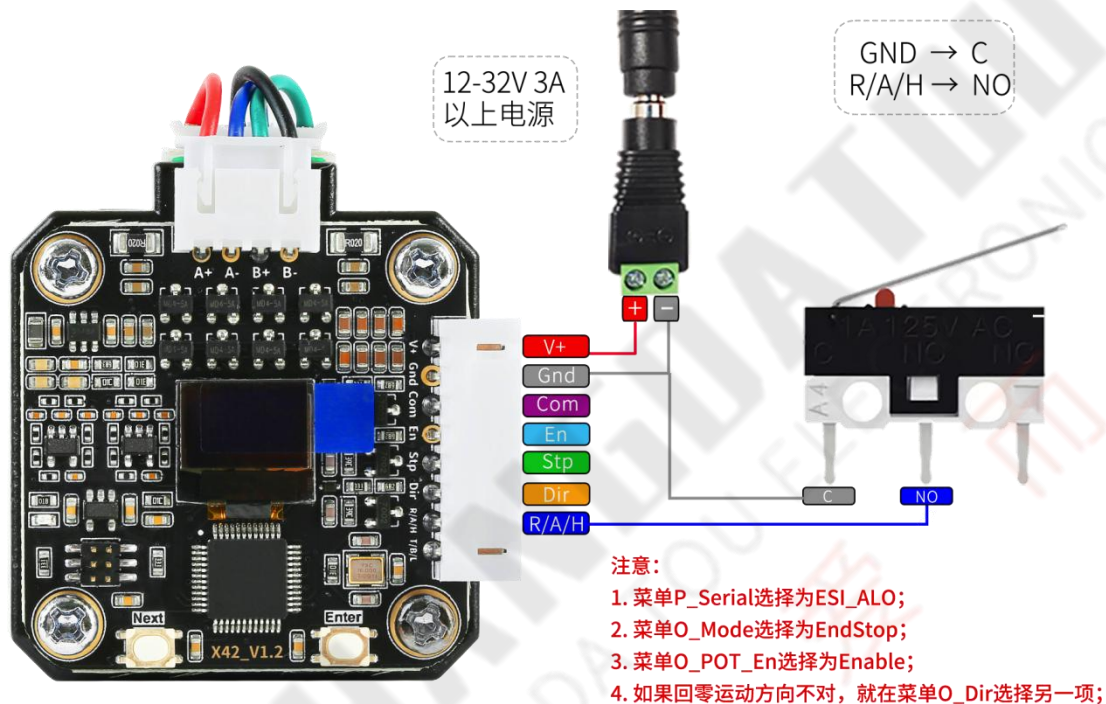
**原点回零参数**

<b>回零模式</b> Senseless 单圈就近回零、单圈方向回零、无限位碰撞回零	<b>无限位碰撞回零检测转速</b> 4000 范围：0 - 4000，单位：RPM	<b>读取回零参数</b>
<b>回零方向</b> CW 说明：设置单圈方向回零、无限位碰撞回零方向	<b>无限位碰撞回零检测电流</b> 800 范围：0 - 4000，单位：Ma	
<b>回零速度</b> 30 范围：0 - 4000，单位：RPM	<b>无限位碰撞回零检测时间</b> 60 范围：0 - 65535，单位：ms	<b>修改回零参数</b>
<b>回零超时时间</b> 10000 范围：0 - 999999，单位：ms	<b>上电自动触发回零功能</b> Disable 使能后，每次上电都会自动触发回零功能	
		<b>是否存储</b> 是

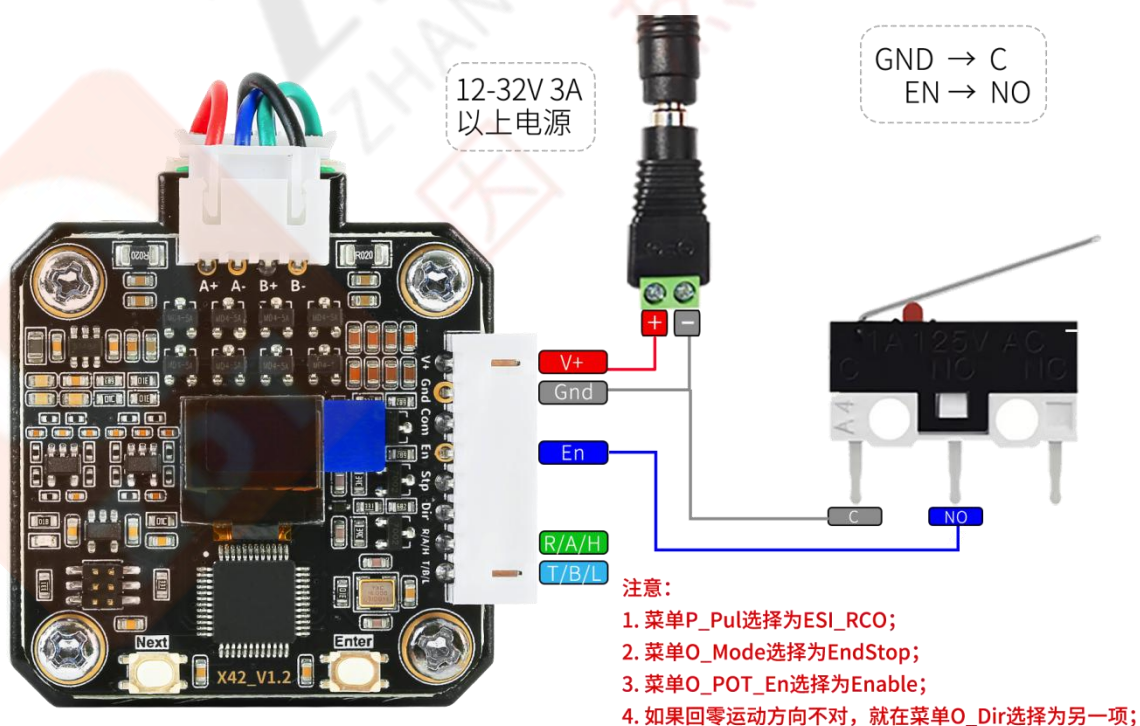
### 7.3 多圈有限位开关回零操作说明

多圈有限位开关回零根据自身使用的控制模式按照下图进行接线和设置：

#### 脉冲模式控制-上电自动回零限位开关接线



#### 串口/232/485/CAN 通讯控制-上电自动回零限位开关接线



## 八、到位输出和报警输出

### 8.1 通讯控制模式到位输出/到位返回命令

#### 1. 到位输出

菜单 P\_Pu1 选择为 ESI\_RCO，当电机到位，即输入位置角度 - 电机实时位置角度 < 位置到达窗口（默认  $0.3^{\circ}$ ，可在上位机上修改）时，Dir 引脚会输出高电平。（注意：如果 Com 不接或者接 3.3V，则到位后 Dir 引脚到位输出 3.3V；如果 Com 接 5V，则到位后 Dir 引脚到位输出 5V；如果 Com 接 24V，则到位后 Dir 引脚到位输出 24V；到位输出仅适用于非工业套餐，也就是不带光耦隔离的套餐。）

#### 2. 到位返回命令（地址 + FD + 9F + 6B）

菜单 Response 可设置串口/RS232/RS485/CAN 总线通讯控制时，主机发送控制动作命令列表中的命令时，从机收到命令后，是否返回确认收到命令，以及是否返回到位命令；

None: 不返回确认收到命令，在发送位置模式命令时也不返回到位命令；

Receive: 只返回确认收到命令（默认值）；

Reached: 只在发送位置模式命令时返回到位命令（地址 + FD + 9F + 6B）；

Both: 既返回确认收到命令，也在发送位置模式命令时返回到位命令；

Other: 位置模式下只返回到位命令，其他控制动作命令返回确认收到命令；

### 8.2 脉冲控制模式报警输出和复位堵转保护

菜单 P\_Serial 选择为 ESI\_ALO，当闭环电机发生堵转、欠压等异常情况时，T/B/L 引脚会输出 3.3V 高电平，正常情况下默认是 0V 低电平；发生堵转后，将 R/A/H 引脚接 Gnd（0V）可以复位堵转保护，不需要重新上电；



## 九、常见问题及注意事项

### 9.1 常见问题

序号	问题	解决方法
1	Waiting V+ Power!	供电电压不足，V+和 Gnd 需要 12-32V 进行供电
2	Not Cal	未校准编码器，可以点击 Cal 进行编码器校准
3	Phase AABB Error!	电机线序 A+ A-和 B+ B-错误，请检查电机线序
4	Magnet Loss! Enter..	检测不到磁铁，未安装磁铁或驱动到电机上
5	Encoder Error! Enter..	磁编码器通讯失败，可能编码器芯片已经损坏
6	Ref Voltage Error!	基准电压错误，可能基准电压芯片已经损坏
7	Bus Current Error!	上电瞬间总线电流过大，请检查是否短路
8	Origin Set Done!	单圈回零的零点位置设置成功
9	Origin Set Fail!	单圈回零的零点位置设置失败，检查是否校准编码器
10	Going to Origin..	正在执行回零操作
11	Go to Origin Fail!	上电自动回零失败，请检查电机力矩是否足够
12	Restore Done! Reboot!	恢复出厂设置成功，请重新上电校准编码器

### 9.2 注意事项

1. 请勿带电拔插供电接口线和电机线，以免造成电气损坏；
2. 建议搭配本店 42 磁柱步进电机；
3. 到店一起购买 42 步进电机，会安装并校准好整套发货；



## 十、技术支持及保证

1. 发货前都会做通电测试，保证可以正式使用才发货。
2. 欢迎各位朋友加入张大头闭环伺服交流群：262438510
3. 欢迎光临 CSDN 博客交流：[http s://blog.csdn.net/zhangdatou666](http://blog.csdn.net/zhangdatou666)
4. 有问题可联系我们的客服或技术支持人员，我们将竭诚为您服务。

QQ 交流群：



群名称:张大头闭环伺服交流群  
群 号:262438510

技术支持 QQ:

424116966

## 十一、修改记录

日期	版本	内容
2023/8/21	Rev1.0	初版
2023/9/2	Rev1.1	修正文档中的一些说明纰漏、增加一些细节描述
2023/9/6	Rev1.2	增加和上一代版本 Emm_V4.2 的参数对比和新增功能
2023/11/20	Rev1.3	增加 5.1.0 版本新固件新增功能说明