



DR EMPOWER

DrEmpower 系列伺服电机使用手册

DrEmpower

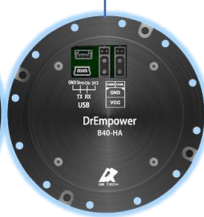
DR TECH

大然机器人
Dr Robot

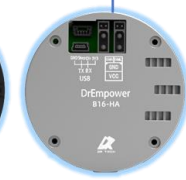
B120-HA-80-M



B60-HA-80-M B40-HA-50-M



B20-HA-50-M B16-HA-50-M



B06-PA-06-G



B09-PA-06-G



B09-PA-09-G



B13-PA-09-G



B36-PA-36-G



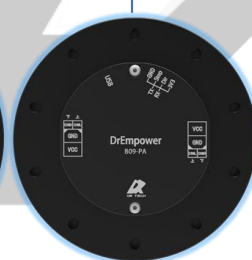
B54-PA-36-G



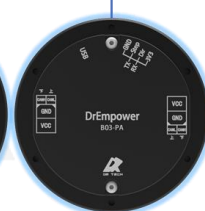
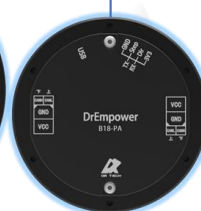
B13-PA-09-M



B09-PA-09-M



B18-PA-36-M B03-PA-06-M



DR EMPOWER

B06-PD-08-M



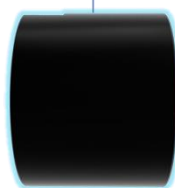
B12-PD-06-M



B01-PA-10-G



B03-PA-10-G



目录

目录	2
1. 产品介绍	1
1.1 命名规则	1
1.2 产品系列	1
1.3 产品特性	3
1.3.1 控制模式	3
1.3.2 通讯控制接口	6
1.3.3 编码器反馈	6
1.3.4 特色功能	6
1.4 注意事项	10
2. 硬件连接	12
2.1 接口说明	12
2.1.1 B40-HA-50-M	12
2.1.2 B0x-PA-xx-M	13
2.1.3 B0x-PA-xx-G	14
2.1.4 B0x-PD-xx-M	15
2.1.5 B0x-PA-10-G	16
2.2 接线说明	17
2.2.1 电源接线图	17
2.2.2 USB 连接图(M)	17
2.2.3 CAN 连接图	18
2.2.4 UART 连接图	19
2.2.5 多个电机串联	20
2.3 转接板说明	21
3. 上位机软件安装及使用说明	23
3.1 上位机软件下载及安装	23
3.2 接线操作说明	24
3.2.1 USB 接口(M)	24
3.2.2 CAN 接口	24
3.2.3 UART 接口	26
3.3 上位机使用说明	27
3.3.1 电机搜索	27
3.3.2 电机控制	28
3.3.3 参数修改	29
3.3.4 其他功能	30
4. 通信协议	23
4.1 ASCII 通信协议(M)	37
4.2 CAN 通信协议	37
4.3 UART 通信协议(G)	37
5. 库函数及 ROS	38

1. 产品介绍

1.1 命名规则

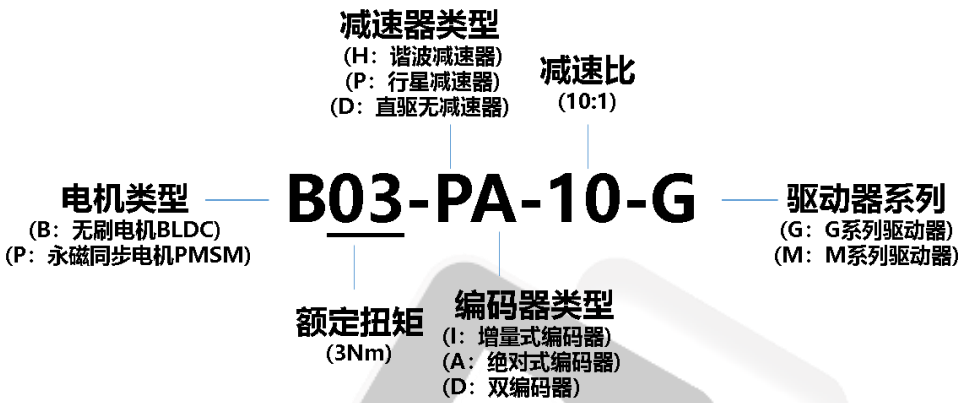



图 1-1 DrEmpower 系列电机型号命名规则

1.2 产品系列

1.2.1 多圈绝对值系列

多圈绝对值系列电机自带可充电电池，用于断电后给编码器供电，实现多圈零点掉电记忆。

I-谐波 (M)

					
型号	B16-HA-50-M	B20-HA-50-M	B40-HA-50-M	B60-HA-80-M	B120-HA-80-M
额定扭矩	16~120Nm				

II-行星 (G)

						
参数/型号	B06-PA-06-G	B09-PA-09-G	B09-PA-06-G	B13-PA-09-G	B36-PA-36-G	B54-PA-36-G
额定扭矩	6~54Nm					

III-行星 (M)



型号	B03-PA-06-M	B18-PA-36-M	B09-PA-09-M	B13-PA-09-M
额定扭矩	3~18Nm			

1.2.2 双编码器系列

双编码器系列电机带输出轴端编码器，可永久实现单圈零点掉电记忆功能。



参数/型号	B06-PD-08-M	B12-PD-06-M	B06-PD-06-G	B08-PD-06-G	B25-PD-36-G	B50-PD-35-G
额定扭矩	6~50Nm					

1.2.3 单编码器系列

单编码器系列不带零点记忆功能，但是配备开机自动回零功能，可结合机械限位自动回零。



型号	B01-PA-10-G	B03-PA-10-G	B06-PA-36-G	B0.7-DA-01-G	B1.2-DA-01-G
额定扭矩	0.7~6Nm				

注：前三款已发布对应的多圈计数版本；后两款无减速器，单圈零点掉电也不会丢失；

G 系列驱动器与 M 系列相比，主要有以下区别：

1. G 系列驱动板不带 USB 接口，与 USB 相关的功能（ascii 协议、GUI 软件、固件升级等）不支持；
2. G 系列也支持 UART 接口，但是其通信协议没有采用 ascii 协议，而是套用了 CAN 通信协议，所以 ascii 版本的库函数无法使用，需要使用对应的 uart 版本库函数；
3. G 系列三环控制频率比原有标准系列更高，部分运动控制性能有所提升；

除此之外，使用方法及通讯协议均一致；

1.3 产品特性

1.3.1 控制模式

位置控制：轨迹跟踪模式，梯形轨迹模式(S 型曲线)、前馈控制模式

轨迹跟踪模式的位置控制只需指定目标位置参数，无需指定速度等参数。控制器内部自动规划对应的速度和扭矩，达到位置和速度曲线都比较平滑的效果，如图 1-2 所示。当外部控制器以一定频率向电机连续发送该位置指令时，电机会自动进行平滑位置控制，保证整个运动足够平滑。自动对输入轨迹点进行跟踪控制，因此该模式被称为轨迹跟踪模式。

这种模式下由上位机主控规划好轨迹（例如正弦曲线），然后按照固定发送频率连续往电机发送轨迹点，一般情况下轨迹点越密集越好，但是需要严格保证发送时间间隔均匀（可以通过定时器触发发送，一般 200Hz 左右能实现较好跟踪效果）；电机转动的速度由两个因素影响

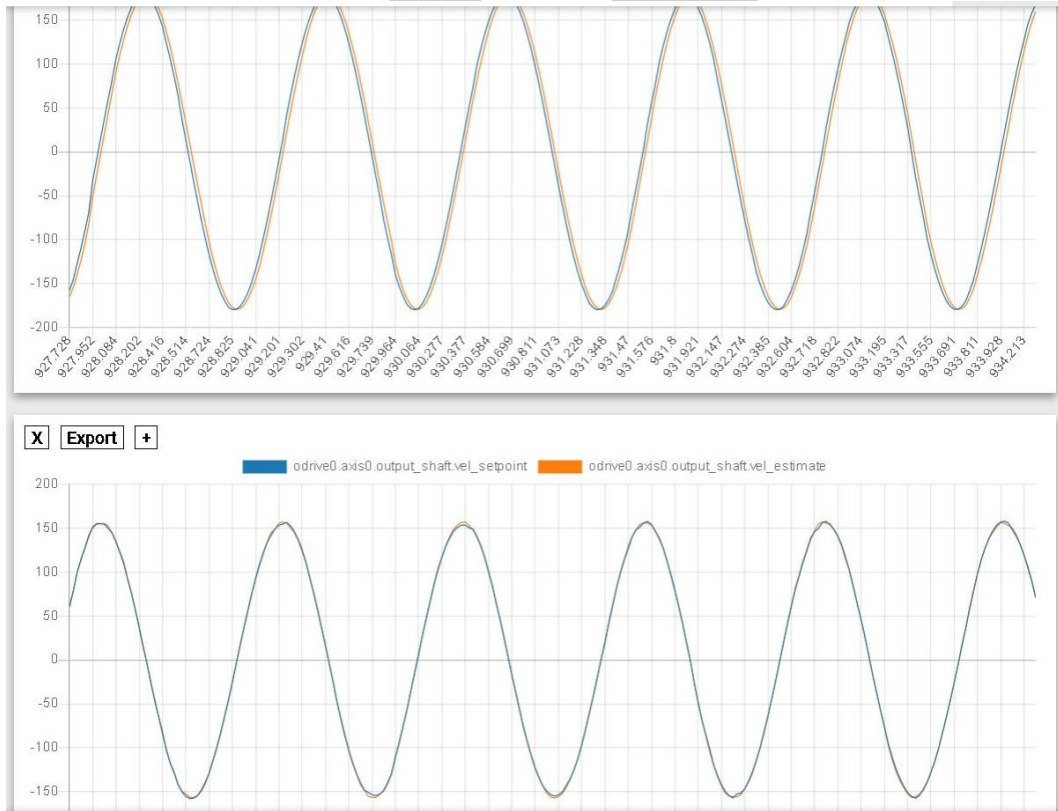


图 1-2 轨迹跟踪模式下速度及位置曲线图

轨迹跟踪模式有一个参数为角度输入滤波带宽（`controller.config.input_filter_bandwidth`），一般情况下推荐将输入滤波带宽设置为位置指令发送频率的一半。另外该模式下速度参数没有作用，可直接给 0。电机转动速度是通过调节相邻两条指令间的目标位置疏密来实现的。

梯形轨迹模式的控制过程为电机首先按照指定加速度加速到目标速度，然后再按目标速度运动一段时间，最后速度按照相反的加速度减速到 0 并到达目标位置。当目标位置离当前位置比较近或加速度很小的时候，电机可能出现未达到目标速度就开始减速，整个速度曲线是一个三角形，整个位置曲线为一条 S 型曲线，因此这种模式也被称为位置环 S 曲线模式。一个标准的梯形轨迹控制模式的位置速度曲线如图 1-3 所示，其中蓝色的为位置曲线，绿色的速度曲线。

该模式适合进行点到点控制，只需给定最终的目标位置点及到达目标点的最大速度及加速度，电机自动规划计算整个运动过程，到达目标位置后自动停下来；最新版本的固件程序支持两种速度轨迹类型选择：梯形速度轨迹和 S 形速度轨迹，区别在于 S 形速度轨迹的加速度是从 0 开始慢慢增加到给定加速度。两种模式可以通过修改 `axis0.trap_traj.config.traj_mode` 进行选择（1 表示梯形速度轨迹，2 表示 S 形速度轨迹）。

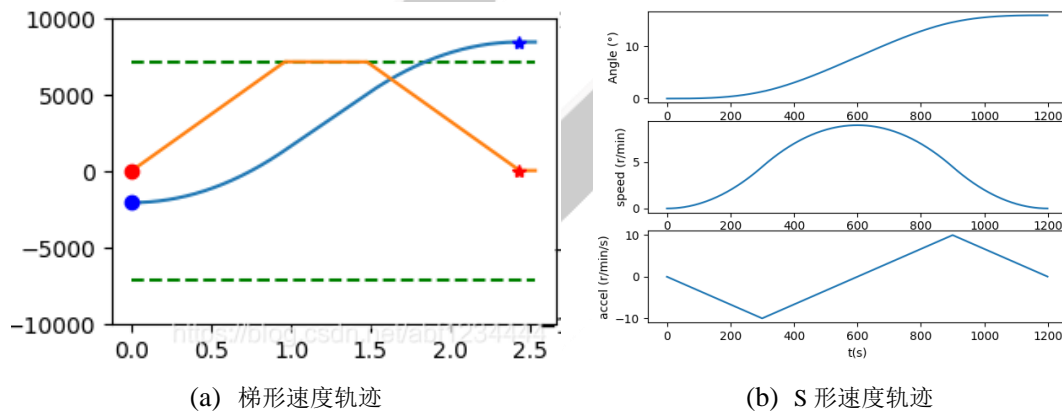


图 1-3 梯形轨迹模式下速度及位置曲线图

前馈控制模式将干扰测量出来并直接引入调节装置，对于干扰的克服比反馈控制及时。详细的关于前馈控制的介绍可以参考下面的链接 <http://www.szvector.com/index.php?id=318>。

前馈控制模式属于偏底层的控制方式，一般情况下用户无需使用，直接采用另外两种控制模式即可。其控制框图如图 1-4 所示。值得一提的是，梯形轨迹模式的位置控制就是采用了前馈控制实现的。

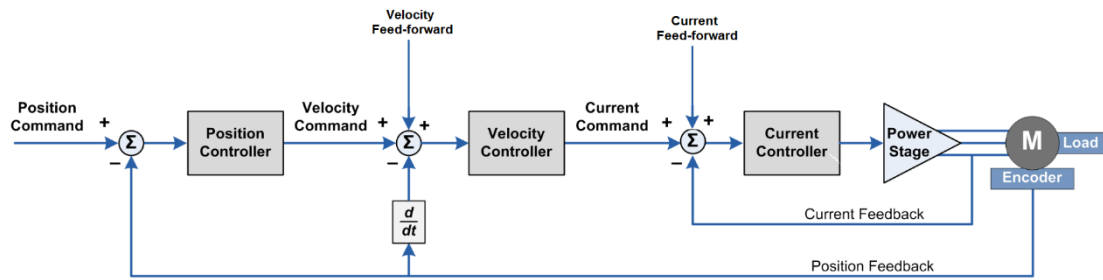


图 1-4 前馈控制模式下的控制框图

速度控制：速度前馈模式，速度爬升模式

扭矩控制：直接控制模式，扭矩爬升模式

速度前馈模式和直接控制模式（扭矩控制）的控制框图为图 1-4 的部分，即速度前馈模式的控制框图为去除最左侧的与位置相关部分，直接控制模式（扭矩控制）为去除左侧位置和速度部分。速度爬升模式（又称为速度环 S 曲线模式）和扭矩爬升模式（又称为电流环 S 曲线模式）是指控制量按照一定的速率变化到目标值，两者的爬升速率参数分别为 `axis0.output_shaft.vel_ramp_rate` 和 `axis0.output_shaft.torque_ramp_rate`。

阻抗控制：

阻抗控制包含了期望位置 P_{des} 、期望速度 V_{des} 、前馈转矩 t_{ff} 、控制参数 K_p 、 K_d 一共五个参数，其控制框图如图 1-5 所示。其中， θ_m 表示机械角度、 $d\theta_m$ 表示机械角速度、 t_{ff} 表示前馈转矩。电机目标输出力矩 $t_{ref} = K_p * (\text{机械位置差}) + t_{ff} + K_d * (\text{机械速度差})$ ；机械位置差 = (期望位置 P_{des} - 电机当前位置 θ_m)；机械速度差 = (期望速度 V_{des} - 电机当前速度 $d\theta_m$)。阻抗控制框架为 MIT 开源电机方案使用的控制框架，其控制方式很灵活，既可以是纯位置控制、纯速度控制、纯转矩控制，也可以位置加转矩前馈、速度加转矩前馈等方式控制电机。

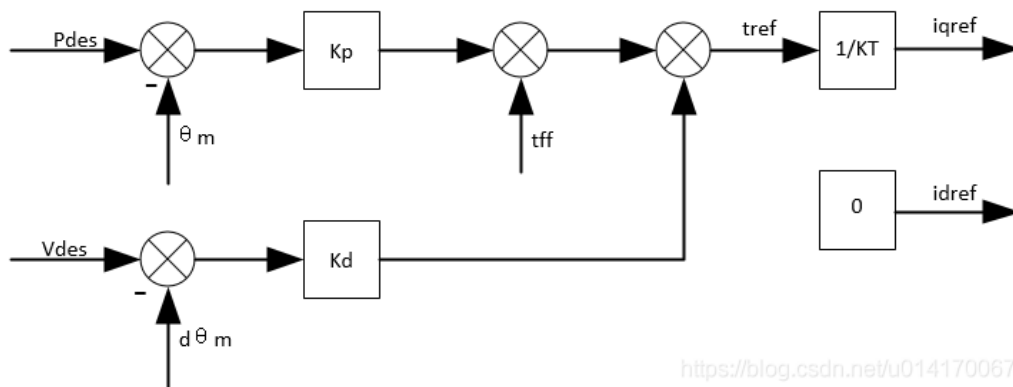


图 1-5 阻抗控制模式下的控制框图

脉冲控制（M）：Step/Dir 控制模式

Step/Dir 控制是通过两个引脚来进行相对角度控制，多用于控制步进电机和 PLC 控制器。Step 是通过脉冲控制步进，Dir 是通过高低电平控制方向。一般 Step 和 pwm 比较像，一个上升沿电机就会走一步，这一步的方向是由 Dir 的高低决定的。

使用该模式时，需要首先将串口接口使能（`config.enable_uart`）关闭，同时打开脉冲/方向接口使能（`axis0.config.enable_step_dir`）。此外该模式有一个 `axis0.output_shaft.steps_per_turn` 参数，用来指定输出轴转动一圈所需的脉冲数。上述参数可通过库函数中的 `set_GPIO_mode()` 函数进行一次性设置，也可以通过上位机逐一进行修改。

1.3.2 通讯控制接口

USB 接口（M）：连接 PC 端上位机软件（虚拟串口）、使用 python 库函数控制；

CAN 接口：多个电机串联，同步控制，支持 PC 端上位机软件；

UART 接口：嵌入式控制器（例如 arduino、stm32）、支持 Step/Dir 脉冲控制(M)；

1.3.3 编码器反馈

15bit 磁性编码器(绝对值)

掉电多圈计数功能，上电无需标定重新设置零点

（单编码器系列关节电机除外，该系列产品可通过开机回零找到机械限位零点）

1.3.4 特色功能

多圈零点掉电记忆功能、多种控制模式（位置、速度、扭矩、阻抗）、软件限位、堵转保护、在线升级、脉冲控制（step/dir 控制）、待机阻尼功能、控制指令状态实时返回、S 形速度轨迹功能、MATLAB 支持、ROS 支持、CANopen 支持（定制）和 CAN FD 支持（定制）；

多圈零点掉电记忆功能：

零点掉电记忆一般是针对电机输出轴而言。一般情况下，电机转子与输出轴之间通过减速器连接，以实现降低输出转速，提高输出扭矩的目的。一般情况下，电机转子上配备了一个单圈绝对值编码器，可以检测电机转子在一圈内的具体角度位置；由于减速器的存在，电机输出轴的位置跟电机转子一圈内的角度位置并不是一一对应，例如当电机转子转动一圈后，转子上编码器读数不变，但是电机输出轴位置却发生了变化。所以如果仅靠电机转子单圈内的角度信息，无法准确

知道电机输出轴的角度，这种情况下电机输出轴零点就丢失了。

为解决上述问题，我们的三个产品系列采取了不同的技术方案，其中，

多圈绝对值系列通过在电机内部增加一块可充电电池，在电机断电后，通过电池给编码器供电，这样编码器圈数和角度信息在掉电后始终不会丢失，所以再次上电时，输出轴的零点也不会丢失。除此之外，多圈绝对值系列输出轴转动超过一圈时（比如转动 500 度），断电后再次上电当前电机输出轴当前角度仍能记住是 500 度（如果是双编码器系列，该角度会变成一圈内的角度 140 度）。

双编码器系列通过在电机输出轴端也安装一个单圈绝对值编码器，这样每次断电后再次上电时，可以直接通过输出轴端的编码器读取到当前输出轴在一圈内的角度位置。但是如果输出轴转了多圈，输出轴编码器也只能保留一圈内的角度，就像上面说的如果转了 500 度，再次上电就会变成 140 度（圈数信息丢失）。不过对于大部分需要掉电零点记忆的场景，一般也无需输出轴转动范围超过 1 圈。

单编码器系列只有电机转子端的单圈绝对值编码器，所以正常情况下每次上电后零点会丢失（每次上电时会把输出轴当前位置置为 0 点）。为此单编码器系列电机都配备了**开机自动回零功能**，用户需在结构上设计一个机械限位，关节上电后朝指定方向转动，直到检测（关节内部自动检测）到机械限位后自动停止并将机械限位所在位置设置为 0 点。这种回零方式类似于 3D 打印机平台回零方式，只不过 3D 打印机是通过光电开关去检测限位，而这里是通过关节内部算法自动检测机械限位，不需要借助于其他传感器；

待机阻尼功能：

当电机运行过程中出现异常时（温度过高、堵转保护或其他故障），电机报错并自动进入待机模式，电机卸载，由于电机不带机械抱闸，如果末端负载较重，此时会突然下落；待机阻尼功能可以在电机进入待机模式后，在输出轴上施加阻尼，电机在负载作用下转动越快，阻力越大，从而阻止下落速度过快；

（启用方法：将 `axis0.config.extra_setting.enable_damp_idle`（使能待机模式阻尼功能）设置为 1 即可）

控制指令状态实时返回：

有一些控制场合需要对电机连续发送控制指令，同时需要实时读取电机运行状态（当前位置、当前速度、当前扭矩（电流）），正常情况下需要发送专门的读取指令进行逐一读取，但是这样通信效率和速率都很低。控制指令状态实时返回功能就是用来解决该问题，当上位机主控给电机发送控制指令（不管是位置、速度、扭矩、阻抗指令都可以），电机会自动返回当前电机的实时状态（当前位置、速度、扭矩（电流）），无需再额外发送其他指令，进而提高通信效率；

（启用方法：将 `axis0.config.extra_setting.enable_reply_state`（使能控制指令状态返回）设置为 1 即可打开该功能，同时在库函数（Python 或者 STM32、Arduino）中 `enable_replay_state` 修改为 1，并将 `MOTOR_NUM` 根据你要控制的电机数量来进行修改，电机实时返回状态报错在 `motor_state` 二维数组中。

（关闭方法：如果停止使能，要把关节电机 `axis0.config.extra_setting.enable_reply_state` 和库函数里的 `enable_replay_state` 同时改为 0，否则运行时会出现读取错误）

实时状态快速读取：

另外最新版本固件（固件版本号>1.0）还在实时返回状态指令里增加了是否到达目标位置、电机是否报错等信息，同时还提供了快速读取接口（代替上述控制指令），实现在电机转动过程中持续快速读取关节实时状态；快速读取接口复用了参数读取接口，只需将参数地址设为 `address = 0x00` 即可；这样就实现了一条指令快速读取关节实时位置、速度、扭矩、是否到达目标位置（位置控制模式下有效）、是否报错（运行状态是否正常）5 个参数（详细使用方法可见库函数说明中 `get_state` 函数介绍）；

心跳报文和节点保护：

该功能借鉴了 CANopen 协议中通过“心跳”和“节点保护”服务，来检测 CAN 总线上已关闭或挂起的设备。主要分类两种情况：第一种情况关节电机确认主控是否掉线，如果检测到掉线，关节电机自动进入待机模式（同时开启待机阻尼）。实现原理是通过设置 CAN 节点保护超时时间（`can.config.timeout_ms`），当关节电机超过该设置时间（单位 ms）后未接收到任何 CAN 指令，则认为主控掉线并自动待机；第二种情况是主控如何确认关节电机是否掉线，实现原理是通过设置 CAN 节点心跳发送时间（`can.config.heartbeat_ms`），关节电机根据设置时间（单位 ms）定时自动发送心跳报文，心跳报文数据结构与上面提到的实时状态返回或读取数据帧均相同，只是这里设置好时间参数后主控不再需要发送任何指令，关节电机会自动定时循环发送。如果主控在 1.2 倍设置的时间内未检测到关节电机返回的心跳报文，则可判定关节电机已掉线。

（该功能为试验性功能（慎用），且只有最新版本固件才具有，如需使用可联系技术支持人员。另外如果总线上有多个关节电机，则心跳发送时间不能设置过小（不小于 10ms），避免 CAN 总线负荷过重）

开机自动回零功能（G）：

对于单编码器版本的 B01/B03-PA-10-G 两款电机，由于不带掉电零点记忆功能，有时些场景下需要开机自动回零。当电机上电后，电机将以给定的速度

(axis0.output_shaft.homing_vel_limit) 朝一个方向 (速度正负号确定) 转动, 同时可以控制电机转动过程中输出的最大扭矩 (axis0.output_shaft.homing_torque_lim), 当运动到**机械限位**后, 自动触发零点设置程序, 将机械限位位置设置为零点 (axis0.output_shaft.homing_pos_setpoint, 默认值为 0 度, 也可以设置成其他值)。

如果输出轴转动角度超过给定搜索范围 (axis0.output_shaft.homing_move_range) 同时未检测到机械限位, 则进行报错 (AXIS_ERROR_HOMING_WITHOUT_ENDSTOP=0x00020000) 提示。整个回零过程速度和扭矩用户可自由设置;

(启用方法: 将 axis0.config.startup_encoder_index_search (使能开机自动回零功能) 设置为 1 即可)



1.4 注意事项

*****前请务必认真阅读以下注意事项*****

1. 电机供电不能超过电机的**额定电压范围**，且需按照电机接线说明进行接线，不得接错或接反，否则会造成电机损坏。控制多个电机时，要先将多个电机之间的连线先接好，最后再给电机上电，**严禁带电插拔线缆**。另外需严格保证控制器（例如 STM32 单片机、树莓派、arduino、jetson nano、USB 转 CAN 模块等）GND 与电机供电电源 **GND 共地**。
2. 电源到电机的电源线尽量短一些，同时最好弄成双绞线形式，以避免电流突变时电压浪涌。另外上电时最好保证 GND 先接通，VCC 后接通，**避免出现 VCC 先接通 GND 后接通的情况**。断电时反之，最好 VCC 先断开，GND 后断开。
3. 当出现电压过低错误(Axis_Error_DC_Bus_Under_Voltage)时，首先检查供电电压是否过低。如果电压正常（在电机额定电压范围内），则检查所用电源是否有足够的电流输出能力（不低于电机额定电流）。
4. 如果使用串口接口或方向脉冲控制电机时，如果接口中的 3.3V 连接了外部 3.3V 电源，电机上电前需要先将控制接口断开，否则电机将由控制接口提供的 3.3V 进行供电，并触发低压保护(Axis_Error_DC_Bus_Under_Voltage)。如果出现这种情况，先将 3.3V 电源断开，先给电机正确上电后再接上。
5. 避免任何异物进入伺服驱动器内，螺丝、金属屑等导电异物或可燃性异物进入伺服驱动器内可能引起火灾或电击，安全起见，请不要使用有损伤或零部件损坏的伺服驱动器和伺服电机。
6. 在使用电机组装机械臂时，可以通过软件限位最大值和最小值对电机转动的范围进行限制，防止电机转动角度过大造成结构碰撞或线缆被扯断。设置软件限位后，电机在所有控制模式下均不会超出该设置范围，如果超出该范围（例如电机关机后手动掰动导致超出设置范围），电机会自动以较低速度运动到极限位置（切换为位置控制模式）。
7. 通过 write_property 函数或接口修改电机参数后，必须用 save_config 函数进行保存配置，否则开机后参数将丢失。调用 save_config 函数进后，最好重新启动一次，保证配置生效。
8. 如果电机存在故障，重启或清除错误后仍无法进入闭环控制模式，可以尝试用上位机先清除配置（上位机中点击【恢复出厂设置】按钮后选择 Yes），然后再将配置恢复成默认值（上位机中点击【恢复出厂设置】按钮后选择 No），然后再进行标定。
9. 当编码器内置**电池电压过低**或出现编码器相关错误后，**一定要先重置零点然后进行清除错误**，否则将持续报错。

(`ERROR_EDR_BATTERY_LOW`、`ERROR_INCORRECT_OFFSET`、`ENCODER_ERROR_EDR_POWER_FAILURE`、`ENCODER_ERROR_EDR_OVER_RANGE`、`ERROR_TURNS_COUNTER_WARNING`)

10. 所有的控制接口中运动控制量参数(位置、速度及扭矩等)都是围绕电机输出轴展开,与输出轴相关的变量都保存在 `axis0.output_shaft` 中,不带 `output_shaft` 的变量默认表示的是电机转子,部分变量两者通用(例如电流)。
11. DrEmpower 系列伺服电机内部有一块可充电纽扣电池,此电池在电机断电后为编码器电路供电以实现**掉电多圈计数功能**(即当执行器关机后,即使改变执行器的输出轴位置,下次开机执行器零点位置保持不变)。该电池在电机上电后会自动充电,正常情况下电池充满电后可续航 1 个月左右。如果出现 `ENCODER_ERROR_EDR_BATTERY_LOW` 错误时,需要先**设置零点再清除错误**,并将电机上电 3~4 小时(可边使用边充电,电池没电只影响断电后零点记忆,不影响上电后电机使用,只要重置零点并清除错误后即可正常使用)。(电池电压(`axis0.encoder.battery_voltage`)可通过上位机进行查看,对应属性名称为编码器内置电池电压,该属性变量需将电机**重新上电才会更新**)
12. 如果某些场景下(例如 AGV 小车轮子)不需要使用掉电多圈计数功能,则可以将多圈计数功能使能(`axis0.config.extra_setting.enable_multi_circle`)和软件限位开关(`axis0.config.extra_setting.enable_circular_setpoint_limit`)关闭,这时每次电机上电后电机的初始位置为电机零点。如果想重新启用多圈计数功能,除了需要将多圈计数功能使能打开外,还需要在打开后重新设置一次零点。
13. 电机默认温度保护范围在 95-100 度之间,当高于 95 度时,电机将电流进行限制,防止温度进一步升高,但是这时可能会引起电机运动异常(输出扭矩减小)。另外应尽量避免电机及驱动板温度长时间高于 **80** 度以上,温度过高会造成内部电池损伤。
14. 电机在断电后,应尽量避免外力转动电机,否则有可能造成电机损坏(当电机在外力转动速度超过电机额定转速时)。
15. 设置软件限位时,电机当前位置必须在设置范围内,否则软件限位值无法设置成功;

2. 硬件连接

2.1 接口说明

2.1.1 B40-HA-50-M

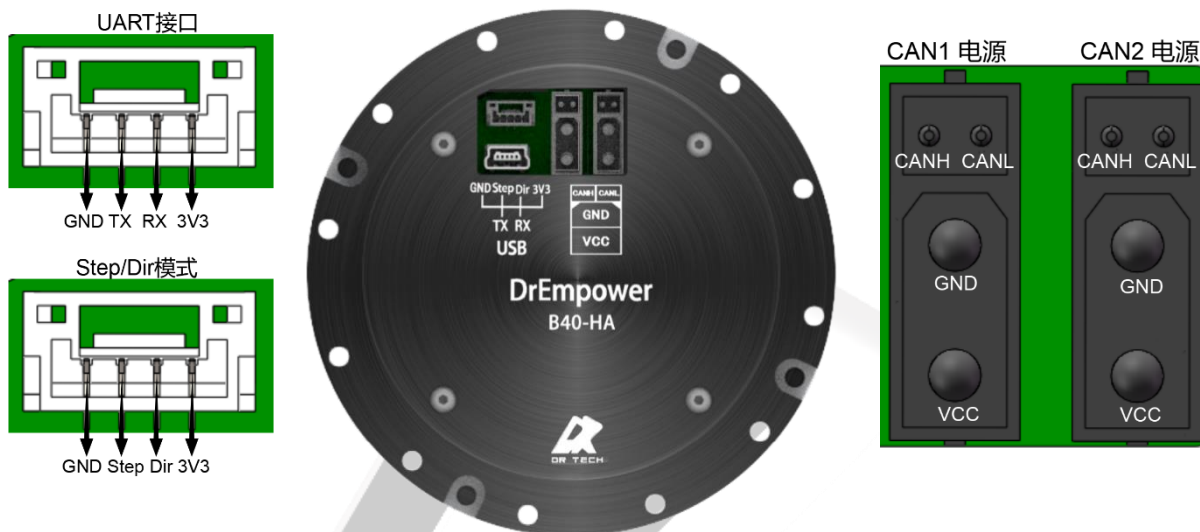


图 2-1 B40-HA-50-M 接口分布图

电源接口与 CAN 接口为复合端子，连接器型号为 XT30PW+2，同时电源和 CAN 也可以使用单独端子进行连接，型号如下：

电源接口：连接器型号 XT30U 电压范围：0-36V

CAN 接口：连接器型号 杜邦 2.0-2P 电平范围：0-5V

USB 接口：连接器型号 Mini USB 电平范围：0-5V

UART 接口：连接器型号 GH1.25-4P(带锁扣) 电平范围：0-3.3V

2.1.2 B0x-PA-xx-M



图 2-2 B0x-PA-xx-M 接口分布图

电源接口与 CAN 接口为复合端子，连接器型号为 XT30PW+2，同时电源和 CAN 也可以使用单独端子进行连接，型号如下：

电源接口：连接器型号 XT30U 电压范围：0-36V

CAN 接口：连接器型号 杜邦 2.0-2P 电平范围：0-5V

USB 接口：连接器型号 Mini USB 电平范围：0-5V

UART 接口：连接器型号 GH1.25-4P(带锁扣) 电平范围：0-3.3V

2.1.3 B0x-PA-xx-G



图 2-3 B0x-PA-xx-G 接口分布图

电源接口与 CAN 接口为复合端子，连接器型号为 XT30PW+2，同时电源和 CAN 也可以使用单独端子进行连接，型号如下：

电源接口：连接器型号 XT30U 电压范围：0-36V

CAN 接口：连接器型号 杜邦 2.0-2P 电平范围：0-5V

SWD 接口：连接器型号 molex51146-5P 电平范围：0-5V

UART 接口：连接器型号 molex51146-4P 电平范围：0-3.3V

2.1.4 B0x-PD-xx-M

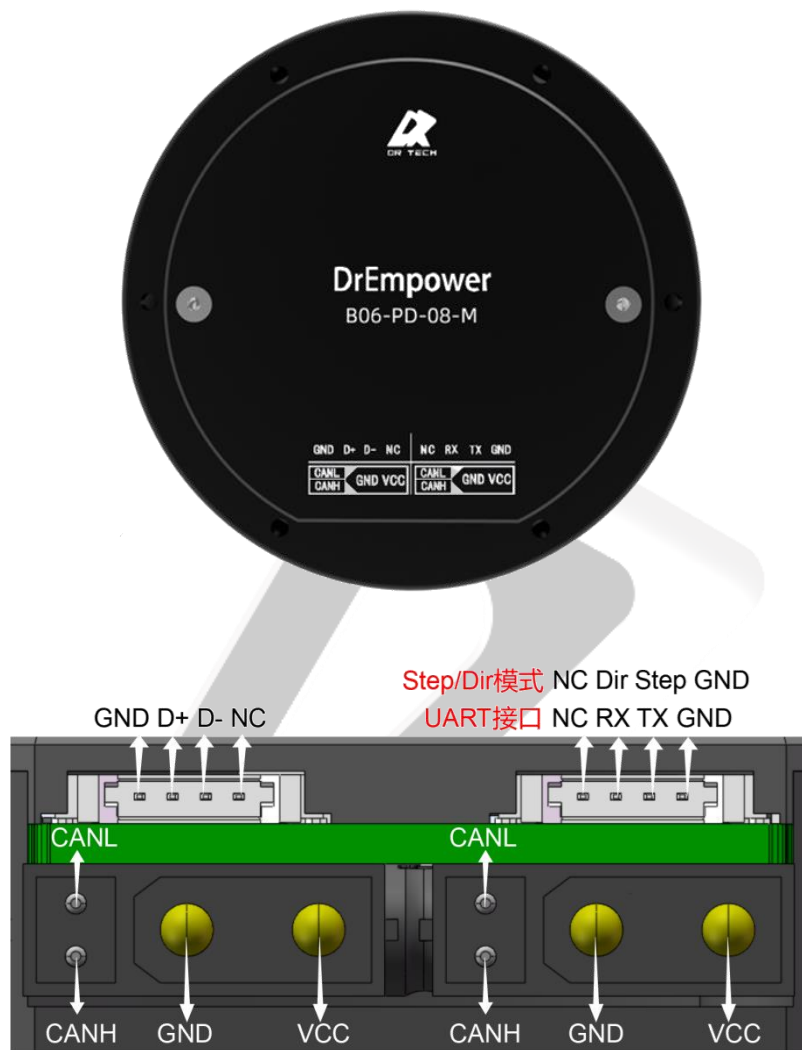


图 2-4 B0x-PD-xx-M 接口分布图

电源接口与 CAN 接口为复合端子，连接器型号为 XT30PW+2，同时电源和 CAN 也可以使用单独端子进行连接，型号如下：

电源接口：连接器型号 XT30U 电压范围：0-36V

CAN 接口：连接器型号 杜邦 2.0-2P 电平范围：0-5V

USB 接口：连接器型号 molex51146-4P 电平范围：0-5V

UART 接口：连接器型号 molex51146-4P 电平范围：0-3.3V

2.1.5 B0x-PA-10-G

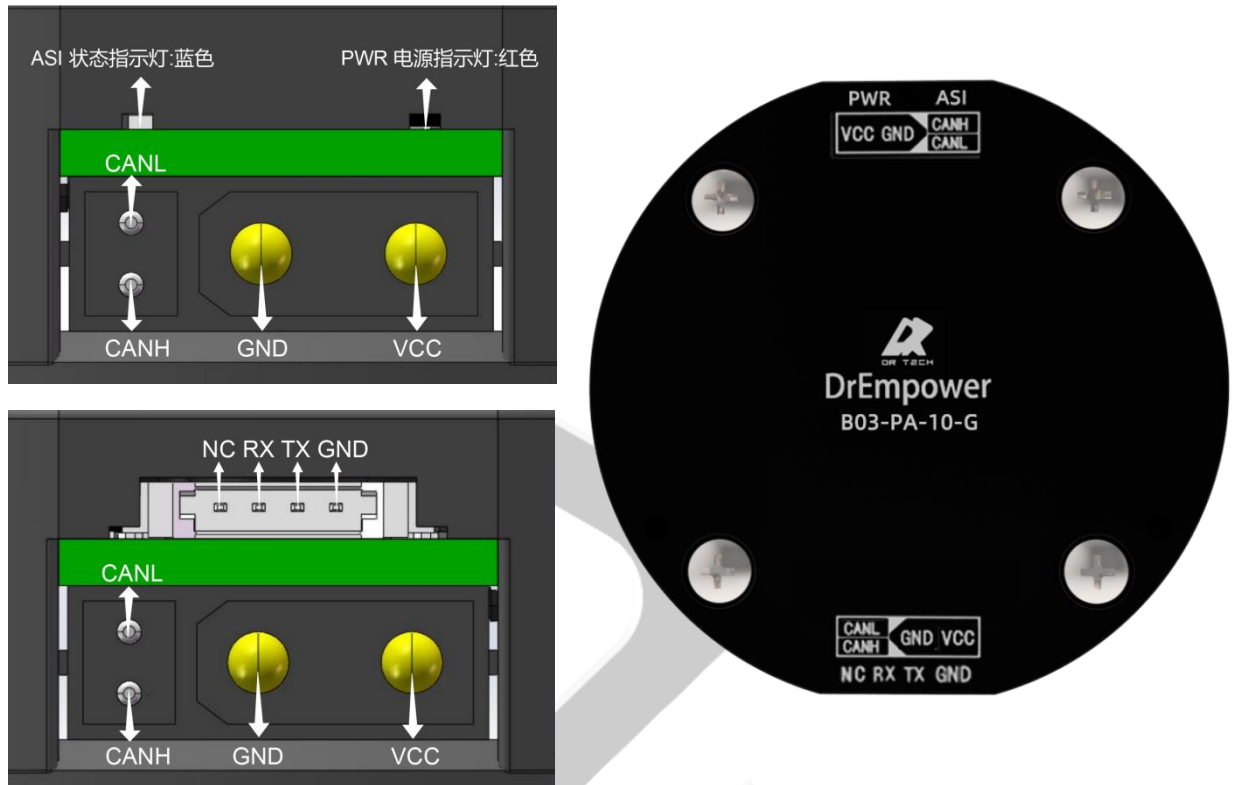


图 2-5 B0x-PA-xx-G 接口分布图

电源接口与 CAN 接口为复合端子，连接器型号为 XT30PW+2，同时电源和 CAN 也可以使用单独端子进行连接，型号如下：

电源接口：连接器型号 XT30U 电压范围：0-36V

CAN 接口：连接器型号 杜邦 2.0-2P 电平范围：0-5V

UART 接口：连接器型号 molex51146-4P 电平范围：0-3.3V

指示灯：

PWR: 电源指示灯（红色），上电后亮起

ASI: 状态指示灯（蓝色），指示灯有三种状态，

- (1) 常亮：电机进入控制模式
- (2) 常灭：电机进入待机模式
- (3) 闪烁：电机报错，出现异常（此时可使用上位机软件-显示异常查看具体错误类型）

<注：电机标定时指示灯也会快速闪烁，此时属于正常情况>

2.2 接线说明

2.2.1 电源接线图



a. B40-HA-50-M



b. B0x-PA-xx-M



c. B0x-PA-xx-G



d. B0x-PA-10-G

图 2-6 电源接口连接示意图

注意：供电电压不能超出电机额定电压范围

2.2.2 USB 连接图(M)



a.B40-HA



b.B0x-PA

图 2-7 USB 接口连接示意图

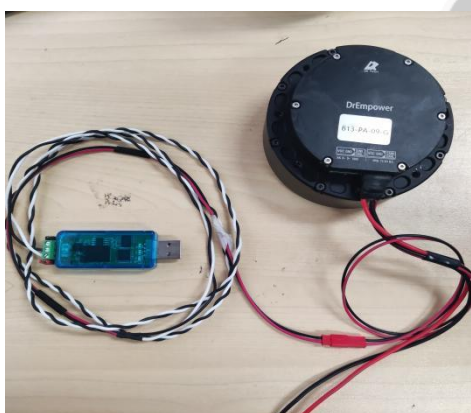
2.2.3 CAN 连接图



a. B40-HA-50-M



b. B0x-PA-xx-M



c. B0x-PA-xx-G



d. B0x-PA-10-G

图 2-8 CAN 总线接口接线示意图

注：为了防止 CAN 线插错，最好使用配套的电源和 CAN 复合端子线，如果用户需要更长的 CAN 线，最好使用双绞线进行延长。

2.2.4 UART 连接图



a. B40-HA-50-M



b. B0x-PA-xx-M



c. B0x-PA-xx-G



d. B0x-PA-10-G

图 2-9 UART 总线接口接线示意图



该图片为 G 系列关节电机 UART 接口具体连接图，当连接串口线时串口线正面朝着电源端子方向如图所示。

图 2-10 G 系列关节电机 UART 总线接口接线示意图

2.2.5 多个电机串联

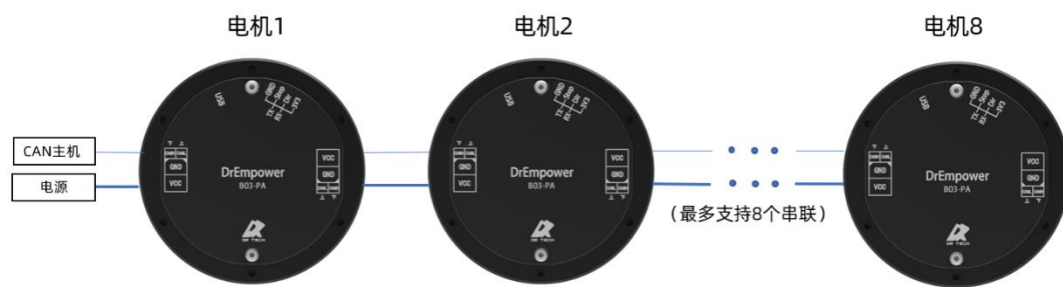


图 2-11 多个电机串联接线示意图

注意: 多个电机串联时, 最后一个电机 (离 CAN 主机最远) 最好连接一个 120 欧终端匹配电阻 (线比较短时不加也不是很影响)。

DR EMPOWER

2.3 转接板说明

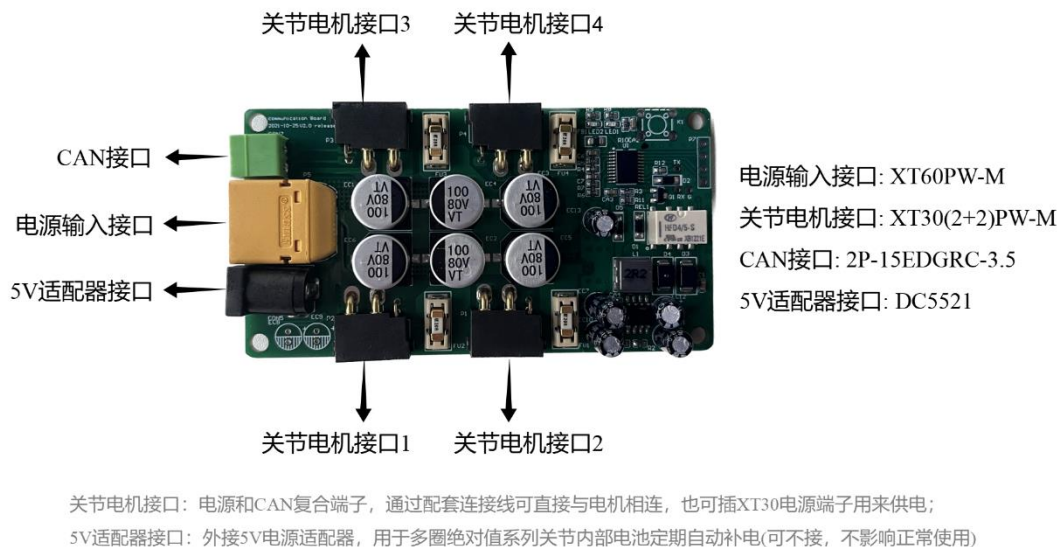


图 2-12 转接板实物图

转接板专门用于多个电机并联时使用，例如足式机器人四条腿，每条腿 3 个电机串联后然后插到转接板上的关节电机接口，实现统一供电和 CAN 控制；



电源+CAN二合一连接线

图 2-13 电源+CAN 二合一连接线实物图

转接板上有 4 个**关节电机接口 (XT30(2+2)PW-M)**，4 个接口完全相同，端子都是电源和 CAN 复合端子，通过配套连接线可以直接与电机相连。由于复合端子里包含了一个 XT30 插口和一个 2P 的 2.0mm 间距的杜邦头插口，所以也可以直接使用 XT30 的电源端子直接插到复合端子上进行供电；另外如果 4 个关节电机接口有空余，将空余的接口作为电源输入和 CAN 输入接口使用（使用方法参考图 2-8 所示）。

转接板上有一个**电源输入接口(XT60PW-M)**，用于接入供电电源（输入电压范围 12~48V，根据关节电机额定电压进行供电）；

转接板上预留了一个**CAN 输入接口(2P-15EDGRC-3.5)**，用于连接控制器（单片机、USB 转 CAN 模块等）的 CAN 接口。

除此之外，转接板上还有一个 **5V 电源适配器输入接口（DC5521）**。该接口用于连接 5V 3A 电源适配器，为多圈绝对值系列关节电机内部电池定期补电。

多圈绝对值系列关节电机内部有一块可充电电池，用于关节电机断电后记录编码器圈数信息，实现多圈零点掉电记忆功能。电机通电时编码器通过外部电源供电，同时内部电池也会自动进行充电，直至充满；电机断电后编码器由内部电池供电，正常情况下可续航 1 个月左右。当多圈绝对值系列关节电机超过一个月不使用后，再次重新上电时，电机可能报编码器电池电压过低错误，这时需要使用上位机先进行重置零点，然后再进行清除错误操作，然后关节就可以正常使用了；当电机保持通电 3 个小时左右，电机内部的电池即可充满电；

当多圈绝对值系列关节电机跟转接板搭配使用时，可以在转接板上的 5V 接口连接一个 5V-3A 电源适配器，如图 2-14 所示。只需将电源适配器插在电源插座上，接线板上控制程序将立即启动，自动定期每 10 天左右给连接在接线板上的关节电机内部电池进行充电。这样多圈绝对值系列关节电机即使超过 1 个月不使用，多圈零点也不会丢失，内部电池也能始终保持电量充足状态；



图 2-14 5V-3A 电源适配器



图 2-15 装上 3D 打印外壳的接线板实物图

5V 3A 电源适配器如有需要，可自行购买，淘宝链接如下：

<https://detail.tmall.com/item.htm?abbucket=0&id=35220285650&ns=1&spm=a21n57.1.0.0.5077523cNixfr3>

另外我们还为转接板设计的配套的外壳（如图 2-15 所示），对应的 3D 打印加工文件已添加到 gitee 上的 DrEmpower Wiki 中，位于 **2-3D 模型及工程图纸** 文件夹下；如有需要可自行下载，到淘宝上找一家 3D 打印店进行加工，推荐使用**黑色光敏树脂**进行 3D 打印。

3. 上位机软件安装及使用说明

3.1 上位机软件下载及安装

1. Windows 版本上位机可通过以下链接或扫码进行下载：

<https://dr-app-store.oss-cn-hangzhou.aliyuncs.com/Dr%20Actuator%20Terminal%20v2.0.zip?OSSAccessKeyId=LTAImxYOOOrLJiJF4&Expires=36001632879782&Signature=pLNZn%2FtzzO26%2BeoWXLjI9DSsONQ%3D>

2. linux 版本(x64 平台-双系统、虚拟机)上位机可通过以下链接或扫码进行下载：

[https://dr-app-store.oss-cn-hangzhou.aliyuncs.com/Dr_Actuator_Terminal%20v2.0\(linux%E7%89%88%E6%9C%AC-x64%E5%B9%B3%E5%8F%B0\).zip?OSSAccessKeyId=LTAImxYOOOrLJiJF4&Expires=37686132223&Signature=jXytcQaWTqYSP%2FPjvlyKtAgLm%2BQ%3D](https://dr-app-store.oss-cn-hangzhou.aliyuncs.com/Dr_Actuator_Terminal%20v2.0(linux%E7%89%88%E6%9C%AC-x64%E5%B9%B3%E5%8F%B0).zip?OSSAccessKeyId=LTAImxYOOOrLJiJF4&Expires=37686132223&Signature=jXytcQaWTqYSP%2FPjvlyKtAgLm%2BQ%3D)

3. linux 版本(arm64 平台-jetson nano 等)上位机可通过以下链接或扫码进行下载：

[https://dr-app-store.oss-cn-hangzhou.aliyuncs.com/Dr_Actuator_Terminal%20v2.0\(linux%E7%89%88%E6%9C%AC-arm64%E5%B9%B3%E5%8F%B0\).zip?OSSAccessKeyId=LTAImxYOOOrLJiJF4&Expires=361686132423&Signature=o9hgGkzufnog2V8jqmoVO3X8XBo%3D](https://dr-app-store.oss-cn-hangzhou.aliyuncs.com/Dr_Actuator_Terminal%20v2.0(linux%E7%89%88%E6%9C%AC-arm64%E5%B9%B3%E5%8F%B0).zip?OSSAccessKeyId=LTAImxYOOOrLJiJF4&Expires=361686132423&Signature=o9hgGkzufnog2V8jqmoVO3X8XBo%3D)



Windows 版本



Linux- x64 平台



Linux- arm64 平台

4. 下载后直接解压，双击打开其中的 Dr_Acr_Terminal.exe 文件即可。

(无需安装，另外最好以管理员身份运行)

A03-MM.txt	2020/6/29 18:57	文本文档	1 KB
A15-ST.txt	2021/1/12 14:13	文本文档	2 KB
A15-TC.txt	2020/6/28 13:41	文本文档	2 KB
A60-ST.txt	2020/11/27 14:24	文本文档	2 KB
B0x-HA.txt	2021/9/18 14:06	文本文档	4 KB
C01-SL.txt	2020/6/29 18:57	文本文档	2 KB
Dr_Actuator_Terminal.exe	2021/9/28 12:01	应用程序	31,127 KB
S05-MD.txt	2021/4/6 18:19	文本文档	3 KB

图 3-1 上位机软件 exe 可执行文件

3.2 接线操作说明

目前上位机软件可使用 **USB 接口**、**CAN 接口**（需使用 **USB 转 CAN 模块**）及 **UART 接口**（需使用 **USB 转 TTL 模块**）进行连接，下面分别进行说明。

3.2.1 USB 接口(M)

USB 接口是连接 PC 上位机软件最方便连接方式，只需一根 mini USB 线缆，一端插在电机上，一端连接在电脑即可。此外通过 USB 接口还可以进行在线升级，这个功能必须通过 USB 接口才能实现。另外 USB 接口连接上位机用的是虚拟串口，其波特率可以任意选择。**需要注意的是 USB 接口只能控制与之直接相连的一个电机（即使其他电机通过 CAN 线与该电机连接）。**



图 3-2 通过 USB 接口连接上位机

3.2.2 CAN 接口

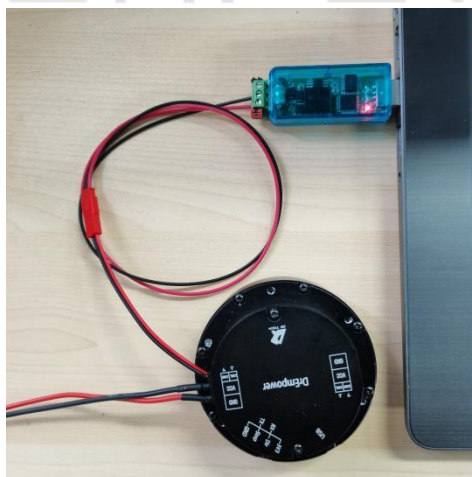


图 3-3 通过 CAN 接口连接上位机

与 UART 接口相比，通过 CAN 接口连接上位机通信速率更快，而且支持同时连接多个电机。由于上位机是通过串口进行通信控制，所以上位机仅支持图 3-4 所示的这种 USB 转 CAN 模块（内部集成有 USB 转串口芯片）。

这种 USB 转 CAN 模块购买链接如下：

<https://h5.m.taobao.com/awp/core/detail.htm?spm=a1z0d.7625083.1998303264.5.5c5f4e69k8kH9i&id=43101274868>



图 3-4 上位机支持的 USB 转 CAN 模块

使用该 USB 转 CAN 模块使用需注意以下事项：

1. 该 USB 转 CAN 模块内部有一个上拉电阻（图 3-5 中红色圈所在位置），用来实现软件设置模块的工作模式（配置模式或工作模式），一般情况下用户无需使用该功能，最好使用前将该电阻去掉（可使用者自己去掉出，也可下单前叫商家去掉），否则将影响正常使用。
2. 在使用 USB 转 CAN 模块前，需确保该模块的 CAN 波特率与电机的 CAN 波特率相同。配置时需首先将跳线帽接到 **MODE** 的位置，在使用配套的配置软件进行查看和修改 CAN 波特率（配置方法见其他资料中的《USB 转 CAN 模块配置说明书》）。配置好后需要将跳线帽接回 **RES** 位置，否则无法正常使用。

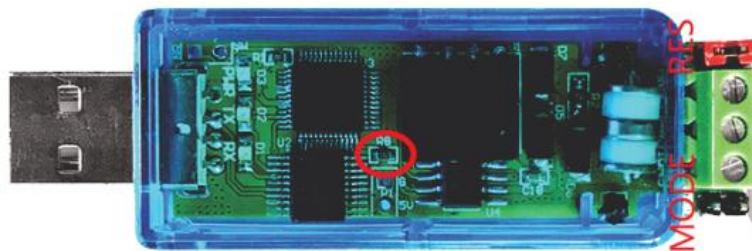


图 3-5 USB 转 CAN 模块上拉电阻及跳帽位置

3.2.3 UART 接口

使用 UART 接口连接上位机时，需使用一个 USB 转 TTL 模块，将该模块的 TX 接电机的 RX，模块的 RX 接 TX，并保持模块与电机 GND 接在一块（3.3V 可不接），如图 3-6 示。



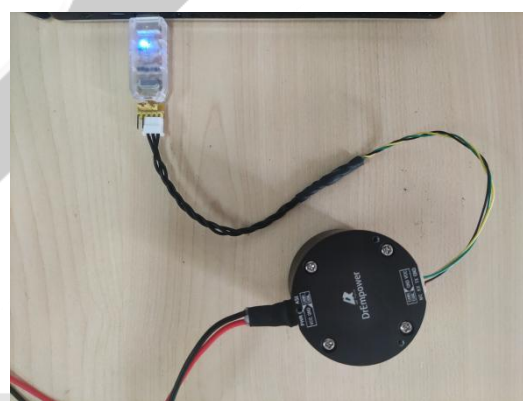
a. B40-HA-50-M



b. B0x-PA-xx-M



c. B0x-PA-xx-G



d. B0x-PA-10-G

图 3-6 通过 UART 接口连接上位机

3.3 上位机使用说明

3.3.1 电机搜索

连接好电机和电脑并将电机正确接入电源后，打开上位机软件，首先进入的是电机搜索界面，如图 3-7 所示。界面由下往上分别为串口设置区、结果显示区及搜索操作区。

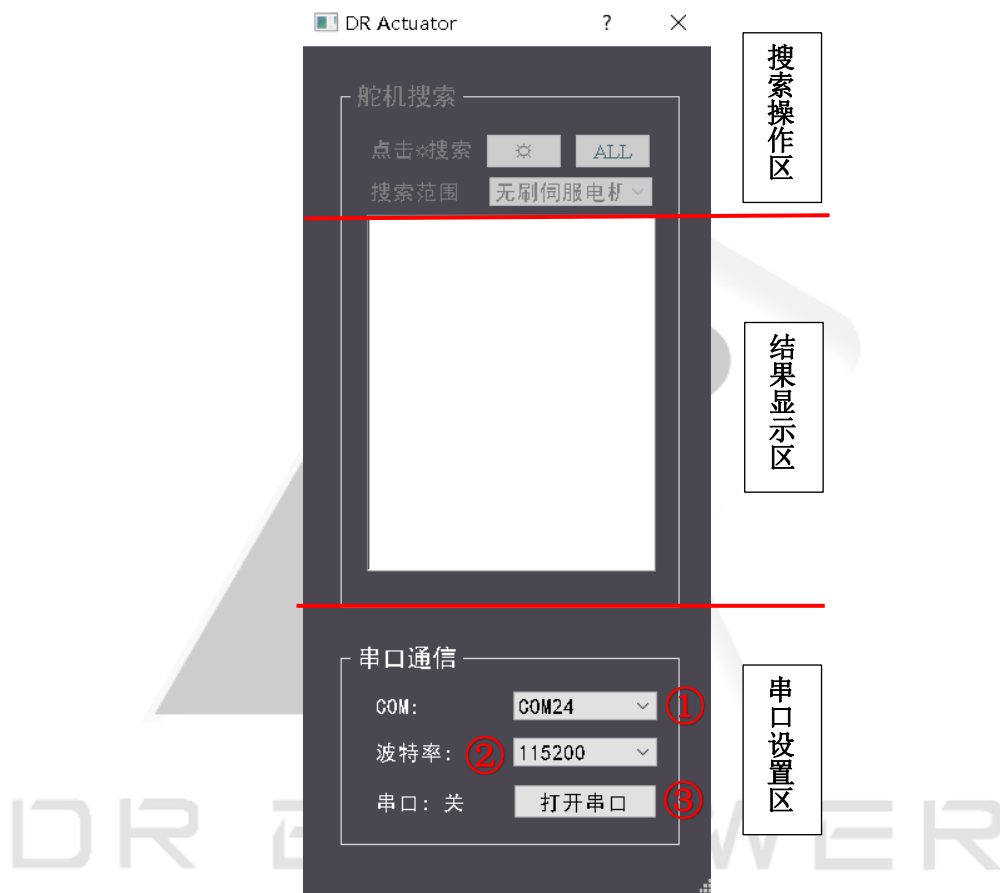


图 3-7 上位机搜索界面

进入搜索界面后，首先需要在串口设置区进行**串口配置**，主要有三步。

第一步选择正确的 COM 号（可在设备管理器中进行查看确认）。

第二步选择正确的波特率（一般情况下默认选择 115200 即可）。如果是通过 USB 接口连接电机，则波特率可以自由选择；如果是通过 CAN 接口连接电机，则所选的波特率需与 USB 转 CAN 模块的串口波特率保持一致；如果选用的是 UART 接口连接电机，则所选的波特率需与电机 UART 串口波特率保持一致。

第三步点击【打开串口】按钮。如果打开成功，按钮左侧会显示“打开成功”。如果打开失败，则需要检查 COM 号是否正确及电机是否正常供电。

正确打开窗口后，搜索操作区的搜索按钮也将变成可点击状态，这时只需点击【搜索】按钮，即可将与上位机连接的电机搜索出来，搜索到的电机会显示在结果显示区，并通过消息框进行提示，如图 3-8 所示。

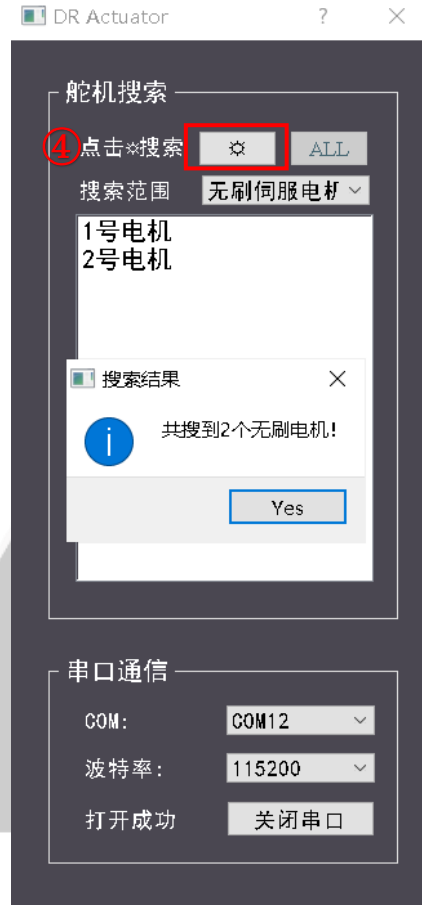


图 3-8 电机搜索结果

3.3.2 电机控制

关闭搜索结果消息框，在结果显示区选择任意一个电机，即可进入电机控制界面（如果只有一个电机，关闭消息框后将自动进入电机控制界面）。如图 3-8 所示。

电机控制界面主要由四部分组成：控制方式切换区、模式选择区、操作区及状态显示区。

控制方式切换区用来选择控制方式，可以选择位置、速度及扭矩控制，也可以直接让电机进入待机模式（卸力状态）。

模式选择区是用来选择特定控制方式对应的控制模式，例如位置控制下有轨迹跟踪模式、梯形轨迹模式和前馈控制模式三种，不同模式对应应有相应的控制参数，例如轨迹跟踪模式有一个角度输入滤波带宽参数，可以直接在右侧的输入框

中进行修改。

操作区用来设置电机的目标角度、速度或力矩。主要操作控件包括滑条和旋钮。两者作用基本一致，只是滑条拖动过程中上位机会连续给电机发送控制指令，旋钮只有松开鼠标后才会给电机发送一次控制指令。位置控制方式下，速度滑条可以电机转动的最大速度（梯形轨迹模式下有效）。

状态显示区会实时显示电机的母线电压，q 轴电流及驱动板温度等信息。

曲线图显示，当我们点击【显示曲线】按钮时就会实时显示出电机位置、速度、扭矩曲线等信息

参数修改入口，点击【>>】按钮进入。

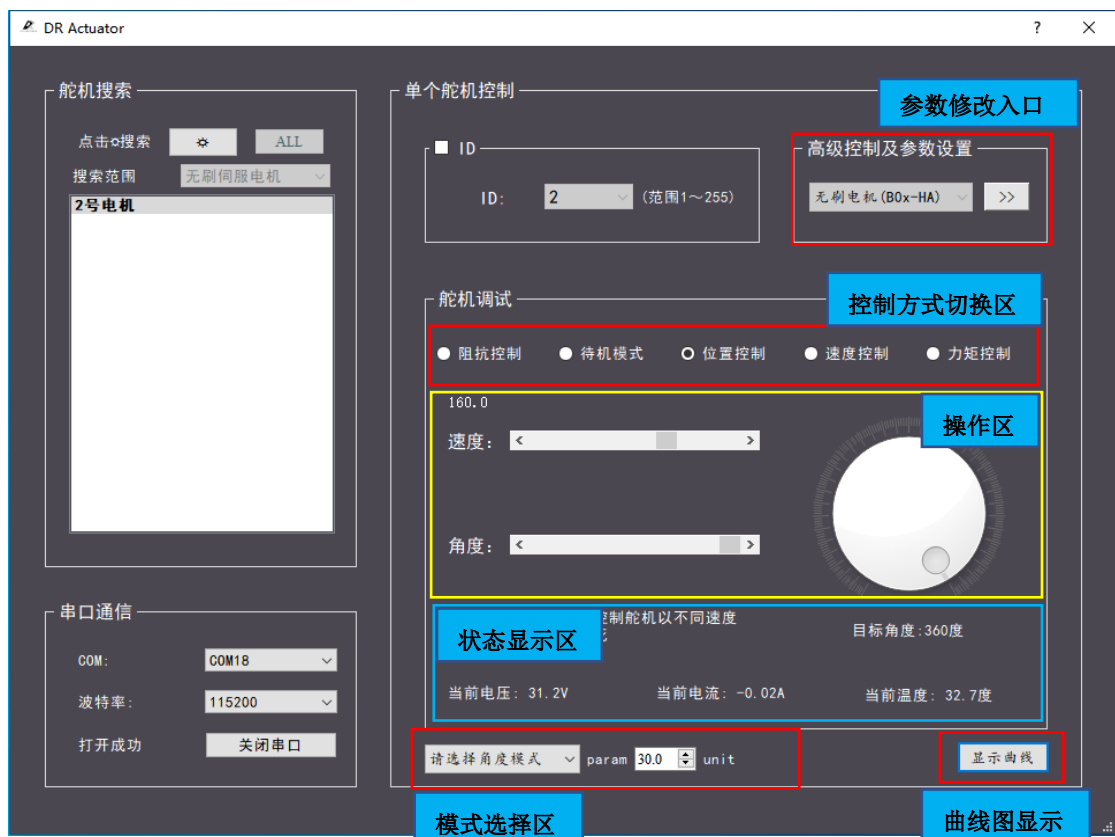


图 3-9 电机控制界面

3.3.3 参数修改

点击右上方，高级控制及参数设置框内的【>>】按钮，即可进入参数修改界面，如图 3-10 所示。与参数修改相关的区域主要有两部分：参数列表区和参数修改区。

参数列表区将常用的一些电机配置参数及其当前值显示出来，列表可以上下滚动。点击列表中的任意一项，参数修改区会立即显示出来（初始状态处于隐藏状态）。

参数修改区主要由一个输入框和按钮组成，修改参数时，只需在输入框中输

入对应参数的目标值，然后点击【修改】按钮即可。如果修改成功后，参数列表区对应参数值也将同步更新为目标值。此外，参数修改成功后将永久保存。



图 3-10 参数修改界面

3.3.4 其他功能

A. 修改电机 ID 号

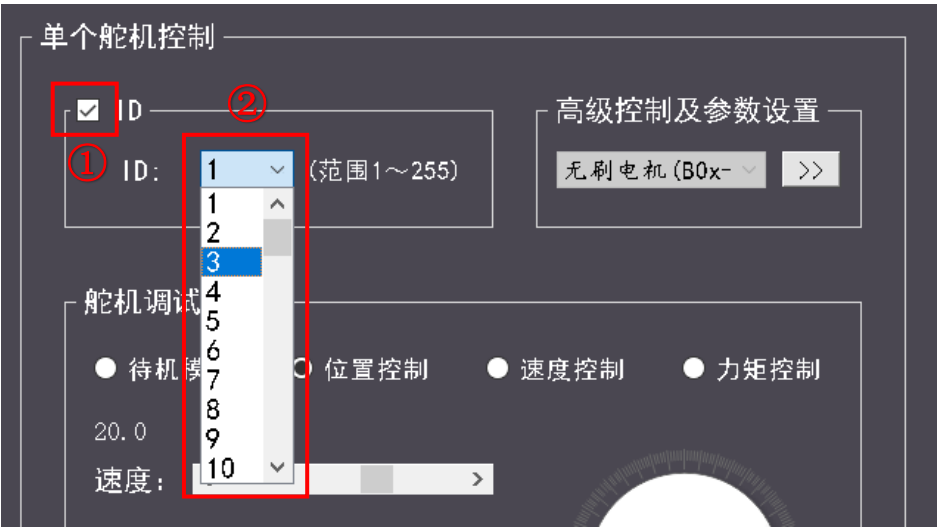


图 3-11 修改电机 ID 号

修改电机 ID 号位于电机控制界面的左上角，修改时首先将复选框①选中，然后下拉列表②就会变成可选状态，这时点击下拉列表②，选择对应的 ID 号即可，如图 3-11 所示。设置成功后，电机搜索界面中的电机 ID 号会同步更新。

B. 显示实时曲线

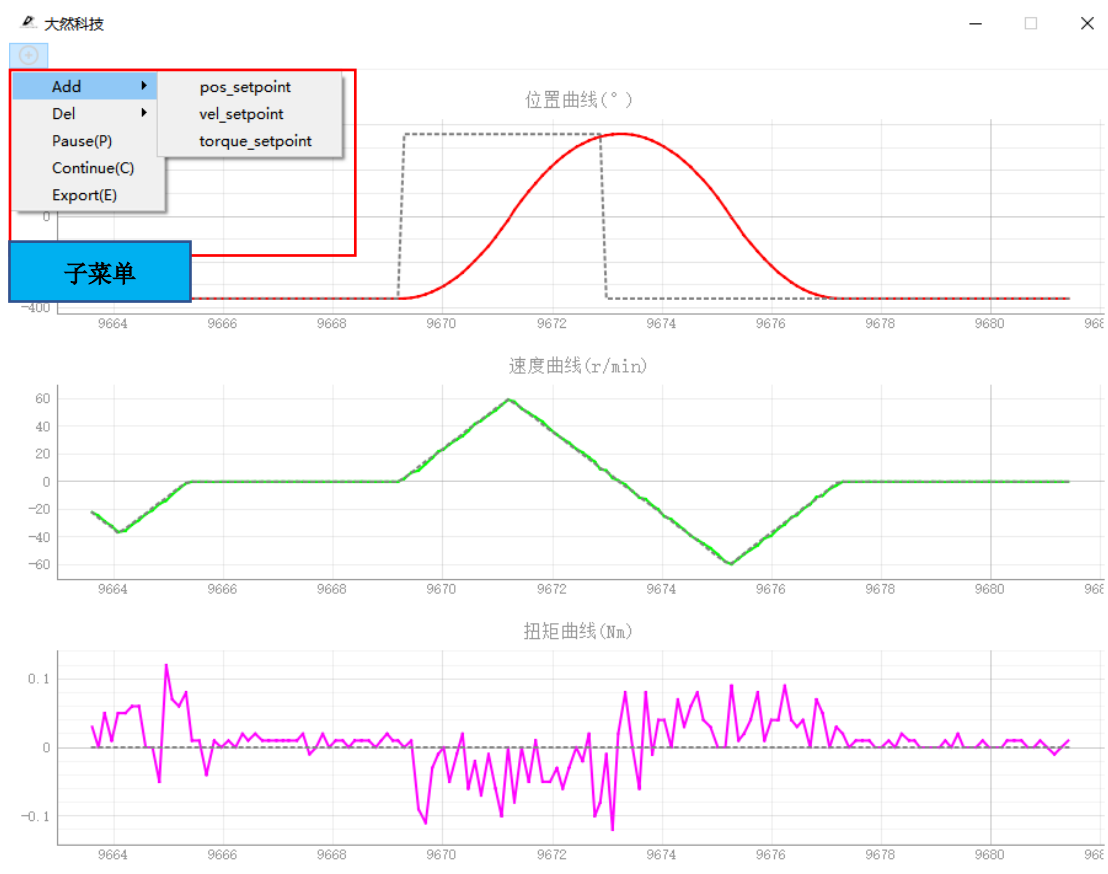


图 3-12 电机实时曲线图显示

【显示曲线】按钮位于电机控制界面右下角，点击该按钮即可打开曲线显示界面，如图 3-12 画面。首次进入该界面时显示曲线分从上往下分别为关节输出轴实际位置曲线、实际速度曲线、实际扭矩曲线。

曲线显示界面左上角有一个菜单【+】，点击该菜单会显示出 5 个子菜单选项可供选择，其中

【Add】选项是分别将输出轴当前目标位置、目标速度及目标扭矩曲线加入并显示；

【Del】选项是分别删除位置、速度及扭矩曲线显示(如想只查看位置和速度曲线则可以选择 torque，将扭矩曲线删除)；

【Pause】选项是暂停曲线图显示；

【Continue】选项是继续曲线图显示；

【Export】选项是导出曲线图数据，将当前显示的曲线图数据导出到本地文件中，用于二次分析或使用其他软件进行绘图。导出的文件类型为 csv 文件，导出的 csv 文件将自动保存在上位机软件 exe 文件所在文件夹目录下，文件名为 otor_datas_年_月_日_时_分_秒.csv，其中第一行数据为采集对应列数据的时间戳，单位为 s、第二行是当前实际角度、第三行是当前实际速度、第四行是当前实际扭矩及第五行是当前目标角度。

C. 重置电机零点

某些时候需要重新设置电机的零点位置，使得电机当前位置作为电机的零点。设置电机零点位于参数修改界面中。重置时需保证电机处于停止状态，点击【重置零点】按钮，即可设置当前位置设置为电机零点。设置成功后，在上方空白区域会显示“已成功将当前位置设置为零点！”，如图 3-13 所示。



图 3-13 重置电机零点

D. 异常显示及清除

异常显示及清除位于参数修改界面。需要查看电机运行状态是否正常时，只需点击【显示异常】按钮。如果状态正常，则下方空白区域会显示“状态正常”，如图 3-14(a)所示；反之会显示对应的错误代码，并且按钮上的文字也会变为【清除异常】。

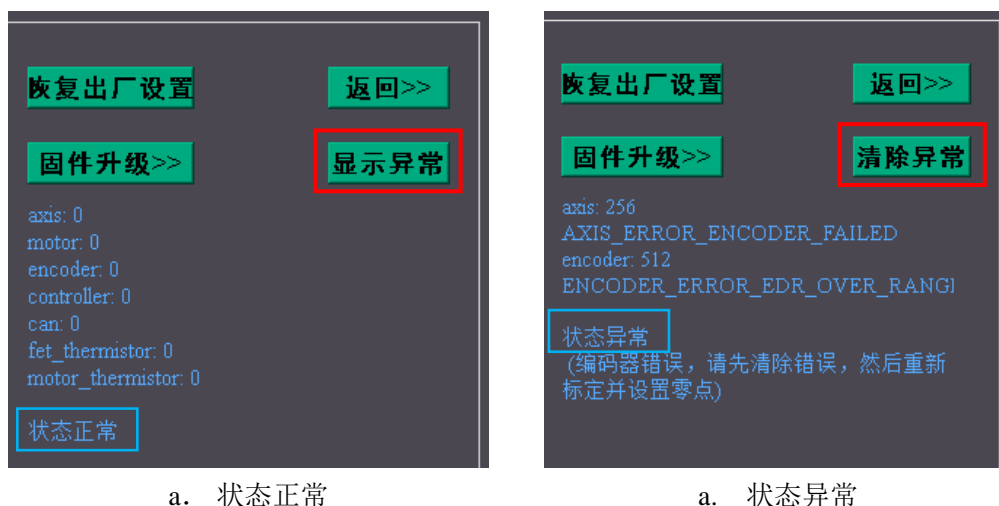


图 3-14 异常显示及清除

如果在“状态异常”下有明确的操作提示,如图 3-14(b)所示,这时只需按照操作提示进行处理即可。如果状态异常下没有提示,则可以直接“清除异常”进行清除异常标志。清除成功后,下方会重新显示“状态正常”。如果多次清除后,错误仍未能正常消除,则可以重启电机再进行测试。如果重启仍未能消除错误,则可以按下面的操作进行恢复出厂设置并重新标定。

E. 恢复出厂设置及标定

恢复出厂设置及标定都在参数设置界面。当电机出现严重故障(重启无法解决问题)或因参数修改不当想恢复默认设置时,需要进行恢复出厂设置及标定。需要注意的是恢复出厂设置后所有参数都将擦除,所以电机必须重新标定一次。

恢复出厂设置及标定一共包括 3 个步骤:

第一步: 点击【恢复出厂设置】按钮,在弹出的消息框中选择“Yes”,清除之前的配置参数。清除成功后,下方空白区域会出现“恢复出厂设置成功”,并提示进行“一键标定”。

第二步: 再次点击【恢复出厂设置】按钮,在弹出的消息框中选择“No”,这一步是将电机参数恢复至默认值。同样,如果恢复成功,下方会有“恢复出厂设置成功”提示,且左侧参数列表区的参数值也会相应改变。

第三步: 点击【一键标定】按钮,电机开始进入标定程序,整个过程包括几步,上方空白区域会进行相应提示。等待几十秒左右,如果标定成功,下方空白区域会显示“标定成功”。

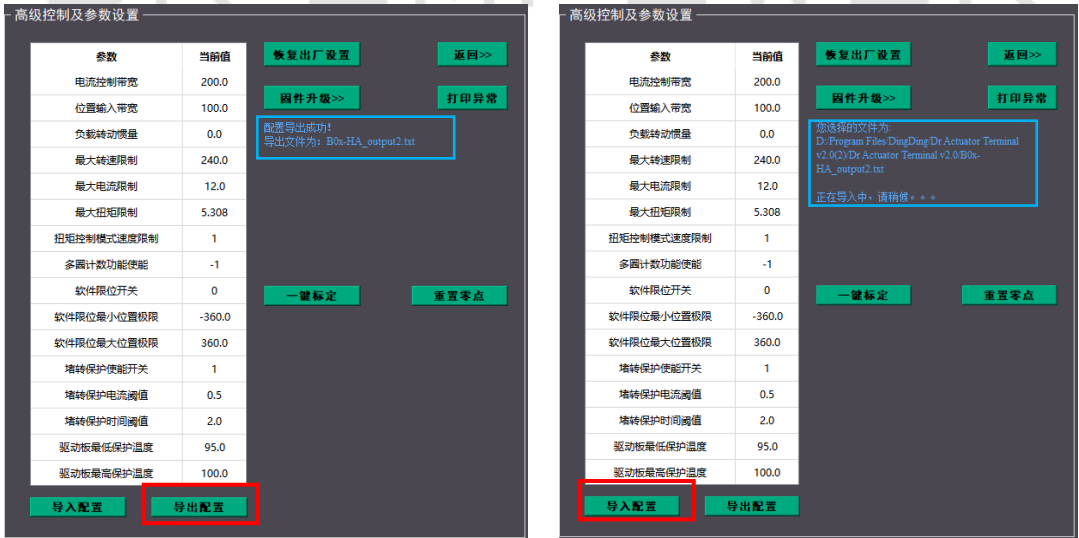


图 3-15 恢复出厂设置并标定

需要注意的是，恢复出厂设置及标定会重置用户自己修改的电机参数，包括电机零点，**一般情况下不要轻易进行恢复出厂设置操作**。只有当电机出现严重故障时（重启无法解决问题，并且错误始终无法清除）才需要进行该项操作。

F. 配置参数导出及导入

如果用户修改一些配置参数后，想要将修改后的参数永久保存下来，可以使用导出配置将参数配置保存在 txt 文件中，导出后的 txt 文件保存在上位机软件所在文件夹下。具体操作为点击参数配置界面下方的【导出配置】按钮，如果参数导出成功会在空白区域显示“配置导出成功！”，如图 3-16(a)所示。



a. 导出配置

b. 导入配置

图 3-16 配置参数导出及导入

如果需要将某个电机的配置参数复制到另一个电机，或将电机参数恢复成原来备份的参数，则可以使用导入配置功能。具体操作为点击参数配置界面下面的【导入配置】按钮，选择之前导出的 txt 配置文件并选择“打开”即可。导入配置需要一定的时间，导入成功后会在空白区域显示“配置导入成功”，如图 3-16(b)所示。

G. 固件升级(M)

固件升级功能必须使用 USB 接口连接电机和上位机软件。电机的 USB 接口支持 DFU 模式固件升级，升级过程中除了需要使用上位机软件之外，还需要使用 STM32CubeProgrammer 软件进行程序下载。具体操作过程如下：

第一步：在上位机软件中点击参数设置界面中的“固件升级”按钮，让电机进入 DFU 升级模式。操作成功后，上位机空白区域会提示“已成功进入 DFU 模式”，如图 3-17 所示，同时电机主控芯片将进入 dfu 模式。



图 3-17 控制电机进入 DFU 模式

第二步：打开 STM32CubeProgrammer 软件，进入如图 3-18 所示界面。界面最右侧为设备连接区，左侧为固件下载区。

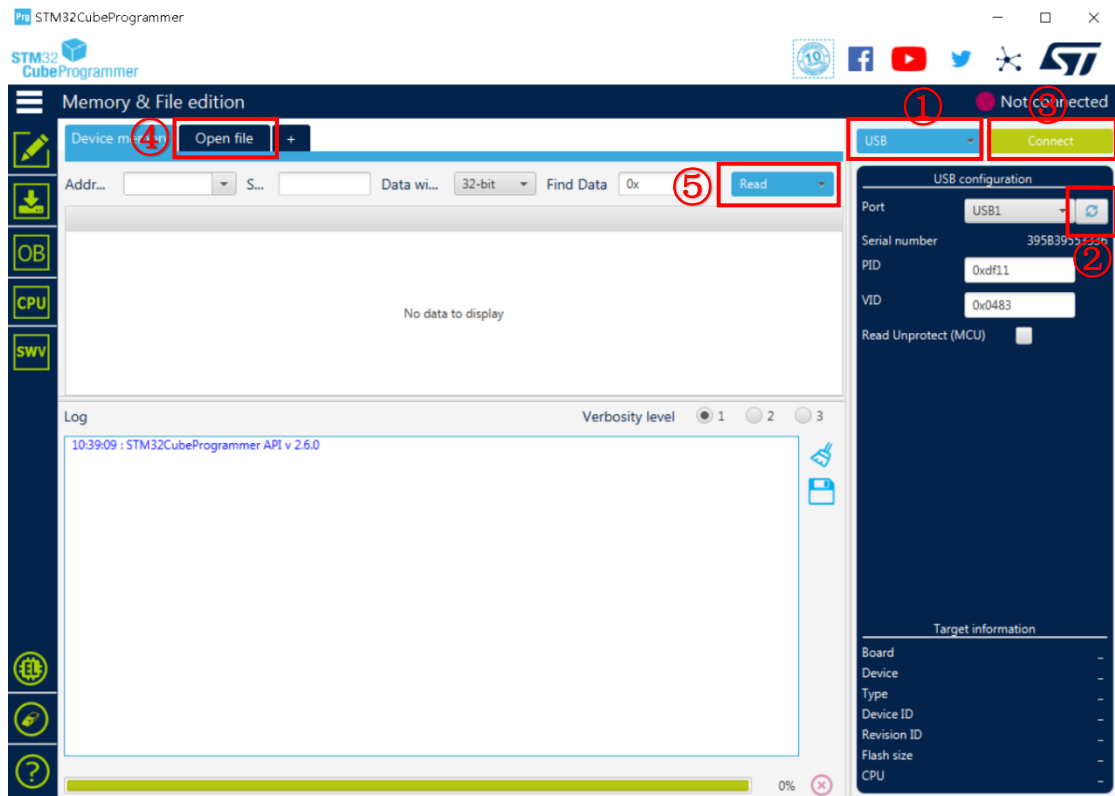


图 3-18 STM32CubeProgrammer 软件界面

使用 STM32CubeProgrammer 进行程序下载过程如下：

首先将连接接口①选择为 USB，然后点击【刷新】按钮②，查找进入 DFU 模式的电机设备，如果搜索成功会出现图示中的“USB1”及序列号信息。搜索到电机设备后，点击【Connect】按钮③进行连接。

连接成功后，左侧固件下载区的空白位置会显示连接设备的一些信息。点击固件下载区上方的【Open file】按钮，选择电机升级固件文件（文件格式一般为 bin 或 hex），随后按钮⑤上的文字会由【Read】变成【Download】。点击【Download】按钮，即可进行程序下载。下载过程中固件下载区下方空白区域会显示下载进度，下载成功后会弹出“File download complete”消息框。

升级完成后，需要对电机参数进行初始化并重新标定，具体操作步骤参照上面的步骤 D<恢复出厂设置及标定>。

4. 通信协议

4.1 ASCII 通信协议(M)

参考通信协议中的《DrEmpower 电机 ASCII 通讯协议说明 v2.0》。

4.2 CAN 通信协议

参考通信协议中的《DrEmpower 电机 CAN 通讯协议说明 v2.0》。

4.3 UART 通信协议(G)

G 系列的 UART 通信接口协议与 CAN 通信协议完全一致，每条指令为 CAN 标准帧结构（每条指令由 11 个字节组成），具体内容可参考《DrEmpower 电机 CAN 通讯协议说明 v2.0》。

（注：G 系列电机 UART 通信协议与《DrEmpower 电机 ASCII 通讯协议说明 v2.0》不同，其 python 版本库函数为 DrEmpower_uart.py 不是 DrEmpower_ascii.py）

DR EMPOWER

5. 库函数及 ROS

关节电机提供常用平台配套的库函数，包括 `arduino` 库函数、`stm32` 库函数、`python` 库函数、`matlab` 及 `ROS` 库函数，相关使用方法及配置说明参考库函数文件夹下的《DrEmpower 电机库函数说明 v2.0》。

