

DAMIAO | 达妙科技

DM-S3519-1EC 减速电机（含 DM3520-1EC 驱动器）

使用说明书 V1.1 2024.11.18



日期	版本	变更内容
2024.11.06	V1.0	初版创建
2024.11.18	V1.1	增加特性曲线

免责声明

感谢您购买达妙科技 DAMIAO DM-S3519-1EC 电机（以下简称“电机”）/DM3520-1EC 驱动器（以下简称“驱动器”）。在使用本产品之前，请仔细阅读并遵循本文及达妙科技提供的所有安全指引，否则可能会给您和周围的人带来伤害，损坏本产品或其他周围物品。一旦使用本产品，即视为您已经仔细阅读本文档，理解、认可和接受本文档及本产品所有相关文档的全部条款和内容。您承诺仅出于正当目的使用本产品。您承诺对使用本产品以及可能带来的后果负全部责任。达妙科技对于直接或间接使用本产品而造成的损坏、伤害以及任何法律责任不予负责。

DAMIAO 是深圳市达妙科技有限公司的商标。本文出现的产品名称、品牌等，均为其所属公司的商标。本产品及手册为深圳市达妙科技有限公司版权所有。未经许可，不得以任何形式复制翻印。本文档及本产品所有相关的文档最终解释权归深圳市达妙科技有限公司所有。如有更新，恕不另行通知。

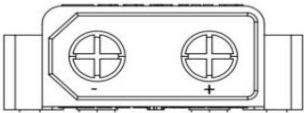
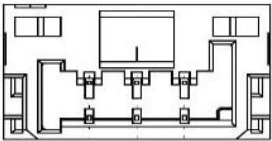
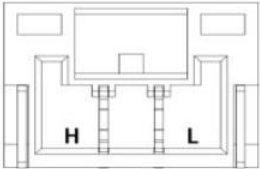
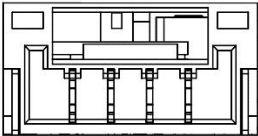
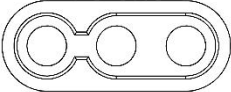
注意事项

1. 请严格按照规定的工作环境及绕组最大允许温度范围使用驱动器，否则会对产品造成永久性不可逆转的损坏。
2. 避免导电杂物进入驱动器内部，否则会引起驱动器运行异常。
3. 使用前请检查各零部件是否完好。如有部件缺失、老化、损坏等，请停止使用。
4. 确保正确接线，与电机连接正确、稳固。
5. 使用时勿触摸驱动器，避免意外发生。驱动器大电流输出时，会出现发热的情况，请注意避免烫伤。
6. 用户请勿私自拆卸驱动器，以免损坏驱动器。

产品特色

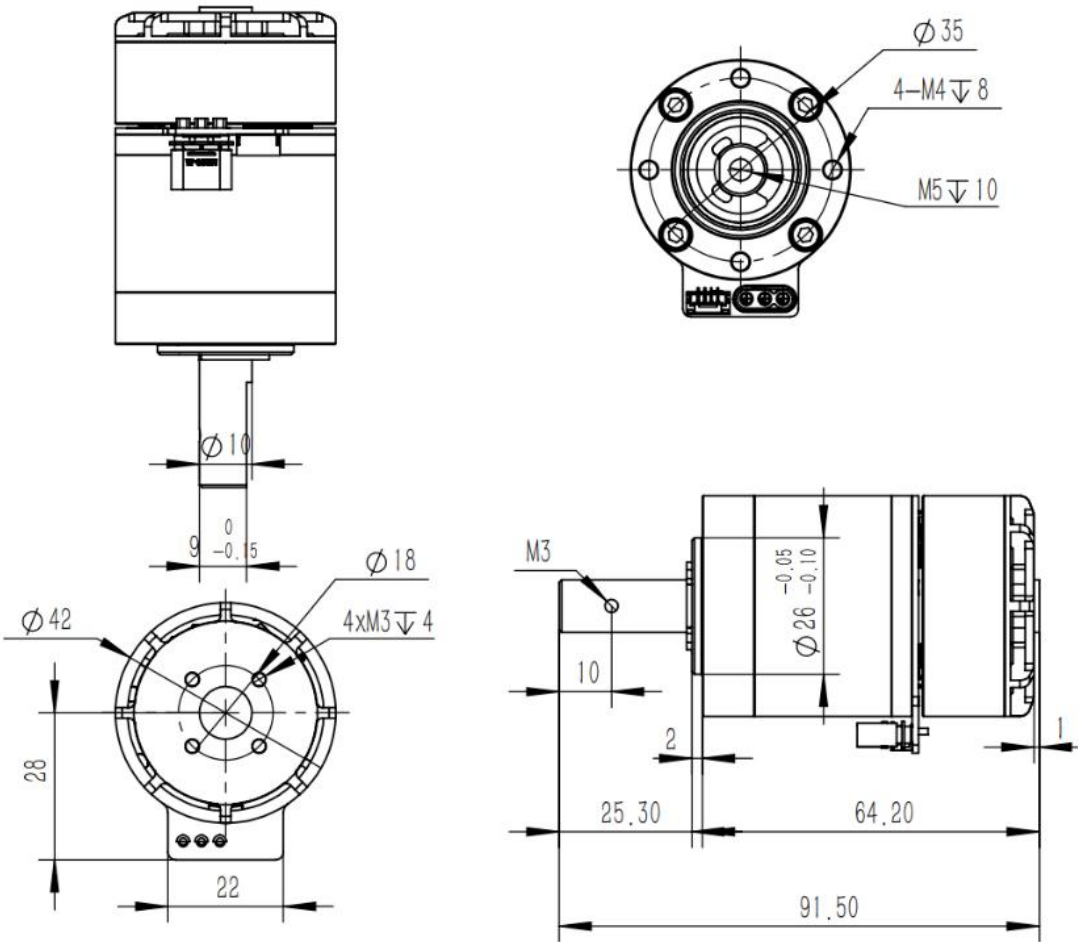
1. 驱动器智能化设计，更换电机后即插即用，无需重新校准和标定参数。
2. 支持固件升级。
3. 上位机可视化调参，通过简单配置即可使用。
4. 支持 CAN FD 功能，最高波特率可达 5Mbps。
5. 可通过 CAN 总线反馈电机速度、位置、转矩、电机温度等信息。
6. 具有双温度保护功能。
7. 低速、大扭矩。
8. 多种控制模式灵活切换。

物品清单		
类别	清单	图例
电机套装	1、驱动器×1 2、减速电机×1 3、XT30 电源线（双端，200mm）×1 4、3Pin 串口线（异面，300mm）×1 5、2Pin CAN 线（异面，300mm）×1 6、4pin 编码器线（异面，250mm）×1 7、3pin 电机相线（异面，200mm）×1	
单电机	1、减速电机×1	
单驱动	1、驱动器×1 2、XT30 电源线（双端，200mm）×1 3、3Pin 串口线（异面，300mm）×1 4、2Pin CAN 线（异面，300mm）×1 5、4pin 编码器线（异面，250mm）×1 6、3pin 电机相线（异面，200mm）×1	

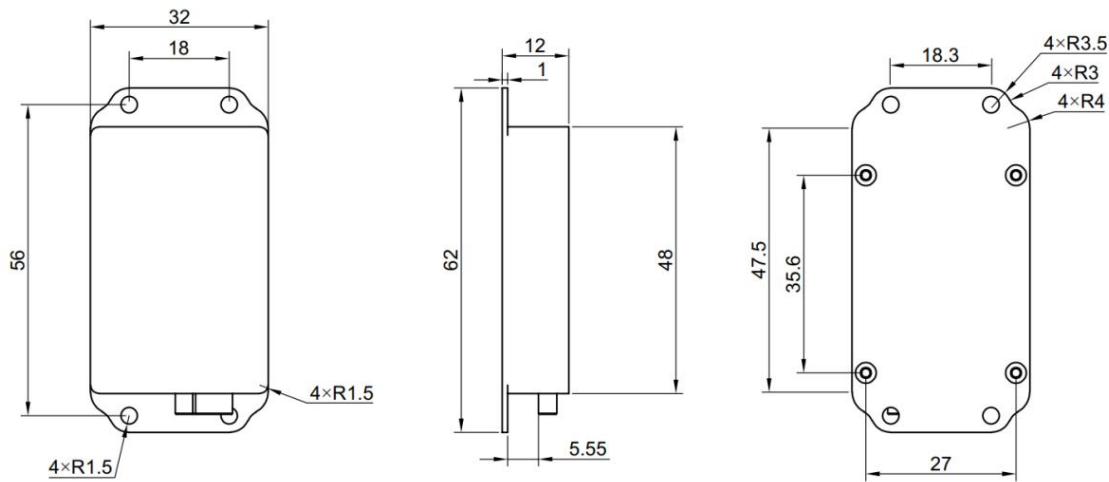
接口及线序说明		
具体名称-序号	接口标注	说明
电源连接接口		通过 XT30-F 插头的电源连接线连接电源，额定电压为 24V，为电机供电。
串口	 GND RX TX	用于串口调试，调参等功能
CAN 接口	 H L	用于控制驱动器
编码器接口		用于连接 DM-S3519-1EC 电机，使用配套 4Pin 异面线连接。
三相线接口		用于配套线材连接电机三相线

减速电机&驱动器尺寸及安装

请参考驱动器安装孔尺寸和位置将驱动器安装到对应设备。



DM-S3519-2EC 减速电机尺寸图

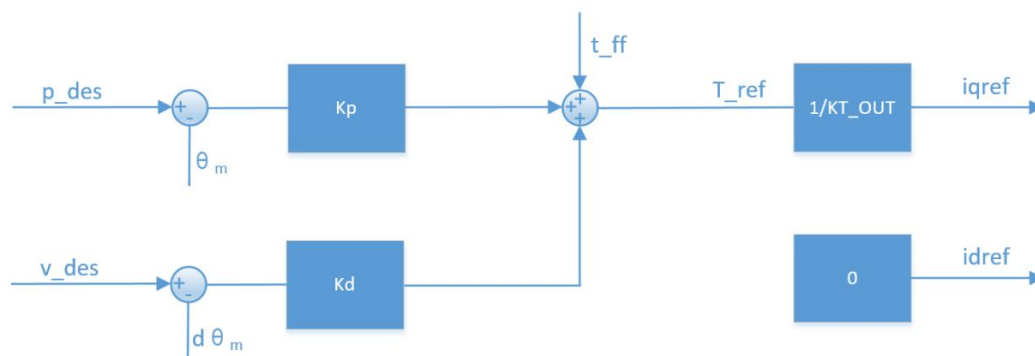


DM3520-1EC 驱动器尺寸图

工作模式

❖ MIT 模式

MIT 模式是为了兼容原版 MIT 模式所设计，可以在实现无缝切换的同时，能够灵活设定控制范围（P_MAX,V_MAX,T_MAX），驱动器将接收到的 CAN 数据转化成控制变量进行运算得到扭矩值作为电流环的电流给定，电流环根据其调节规律最终达到给定的扭矩电流。其控制示意框图如下：



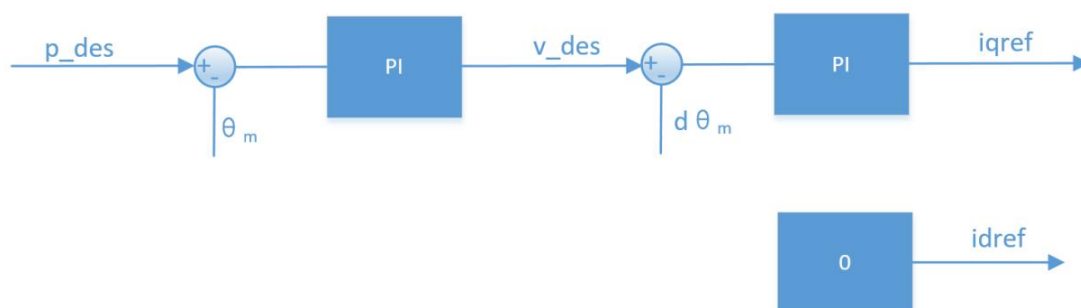
根据 MIT 模式可以衍生出多种控制模式，如 $k_p=0, k_d$ 不为 0 时，给定 v_des 即可实现匀速转动； $k_p=0, k_d=0$ ，给定 t_ff 即可实现给定扭矩输出。

注意：1、上电后，电机位置固定为 $0.0rad$ 。

2、对位置进行控制时， k_d 不能赋 0，否则会造成电机震荡，甚至失控。

❖ 位置速度模式

位置串级模式是采用三环串联控制的模式，位置环作为最外环，其输出作为速度环的给定，而速度环的输出作为内环电流环的给定，用以控制实际的电流输出，其控制示意框图见下图：



p_des 为控制的目标位置， v_des 是用来限定运动过程中的最大绝对速度值。

位置串级模式如使用调试助手推荐的控制参数控制，可以达到较好的控制精度，控制过程相对柔顺，但响应时间相对较长。可配置的相关参数除 v_des 外，另有加/减速度进行设

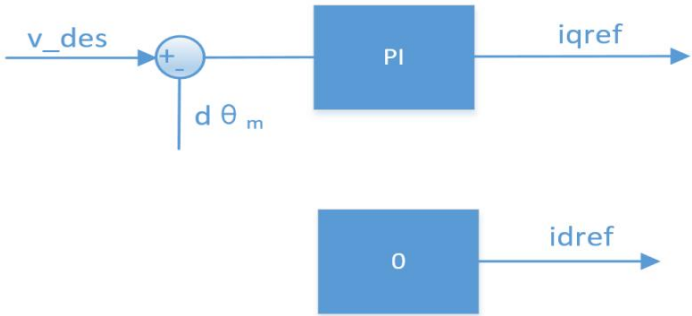
定，如控制过程中产生额外的震荡可提高加/减速度。

注意：

- 1、上电后，电机位置固定为 $0.0rad$ 。
- 2、 p_des , v_des 单位分别为 rad 和 rad/s ，数据类型为 $float$ 。

❖ 速度模式

速度模式能让电机稳定运行在设定的速度，其控制示意框图如下：



注意：

- 1、 v_des 单位为 rad/s ，数据类型为 $float$ 。

控制协议说明

控制使用 CAN 标准帧格式，默认波特率为 1Mbps，可使用指令更改切换成不同的波特率，具体参见[波特率修改](#)章节。按功能划分可分为接收帧和反馈帧，接收帧为接收到的控制数据，用于实现对电机的指令控制；反馈帧为电机向上层控制器发送电机的状态数据，反馈行为为问询式的，只要驱动接收到的帧 ID 与电机设定的 CAN ID 匹配（低 8 位进行校验，高 3 位忽略）时，驱动器即向总线发送当前的状态数据。根据电机选定的不同模式，其接收帧格式定义以及帧 ID 各不相同，但各种模式下的反馈帧格式和数据是相同的。

❖ 反馈帧

反馈帧 ID 由调试助手设置（Master ID），默认为 0，主要反馈电机的位置，速度和扭矩信息，其帧格式定义为：

反馈报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	ID ERR<<4	POS[15:8]	POS[7:0]	VEL[11:4]	VEL[3:0] T[11:8]	T[7:0]	T_MOS	T_Rotor

其中：

ID 表示控制器的 ID，取 CAN_ID 的低 4 位

ERR 表示状态，对应状态类型为：

- 0——失能；
- 1——使能；
- 5——读出传感器错误；
- 6——读取电机参数错误；
- 8——超压；
- 9——欠压；
- A——过电流；
- B——MOS 过温；
- C——电机线圈过温；
- D——通讯丢失；
- E——过载；

POS 表示电机的位置信息*。

VEL 表示电机的速度信息*。

T 表示电机的扭矩信息*。

T_MOS 表示驱动上 MOS 的平均温度，单位℃

T_Rotor 表示电机内部线圈的平均温度，单位℃

位置、速度和扭矩采用线性映射的关系将浮点型数据转换成有符号的定点数据，其中位置采用 16 位数据，速度和扭矩均使用 12 位。

***注意：**

- 1.上电后，电机位置固定为 0.0rad。
- 2.位置的单位为 rad(弧度)，且表示输出轴的位置，即减速后的位置，下述对位置的描述均为此定义，不再赘述。
- 3.速度的单位为 rad/s(弧度每秒)，且表示输出轴的速度，即减速后的速度，下述对速度的描述均为此定义，不再赘述。
- 4.扭矩的单位为 Nm，且表示输出轴的扭矩，即减速后的扭矩，下述对扭矩的描述均为此定义，不再赘述。

❖ MIT 模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
ID	p_des [15:8]	p_des [7:0]	v_des [11:4]	v_des[3:0] Kp[11:8]	Kp [7:0]	Kd [11:4]	Kd[3:0] t_ff[11:8]	t_ff[7:0]

帧 ID 等于设定的 CAN ID 值

P_des：位置给定

V_des：速度给定

Kp：位置比例系数

Kd：位置微分系数

T_ff: 转矩给定值

各参数符合上一节的映射关系，其中 p_des,v_des,t_ff 的范围可由调试助手进行设定，Kp 的范围为[0,500]，Kd 的范围为[0,5]。

标准 CAN 数据一帧只有 8 个字节，MIT 的控制命令格式将 Position、Velocity、Kp、Kd、Torque 五个参数按位组合在 8 个字节中。其中：Position 占用 2 个字节 16 位、Velocity 占用 12 位、Kp 占用 12 位、Kd 占用 12 位。

❖ 位置速度模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x100+ID	p_des				v_des			

帧 ID 为设定的 CAN ID 值加上 0x100 的偏移

P_des: 位置给定，浮点型，低位在前，高位在后

V_des: 速度给定，浮点型，低位在前，高位在后

此处发送命令的 CAN ID 是 0x100+ID。速度给定是电机运行过程中限定的最高速度。

举例：

设定 CAN ID 为 5 的电机以最高不超过 10rad/s 的速度到达 180 度(3.14159rad)的位置，指令如下：

帧 ID	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x105	0xCF	0x0F	0x49	0x40	0x00	0x00	0x20	0x42

❖ 速度模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
0x200+ID	v_des			

帧 ID 为设定的 CAN ID 值加上 0x200 的偏移

V_des: 速度给定，浮点型，低位在前，高位在后

此处发送命令的 CAN ID 是 0x200+ID。

举例：

设定 CAN ID 为 3 的电机以 60rpm（6.283rad/s）的速度旋转，指令如下：

帧 ID	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
0x203	0x56	0x0E	0xC9	0x40

使用说明

电机出厂已进行校准和标定，并写在电机内，如非异常情况，可以直接使用，无需再重

新校准和标定，以下提供校准和标定的过程，正常情况下可以跳过校准和标定。

❖ 电机校准

校准目的主要是修正传感器的安装误差，以及传感器的方向，过程中电机可能会向某个方向转动，请保证电机可以自由转动，最好电机能够空载运行，否则可能造成校准失败。

可以使用达妙调试助手对电机进行校准，校准使用串口通讯，可使用任意支持 921600 波特率的串口工具，以 USB 转 CAN 为例进行校准说明：

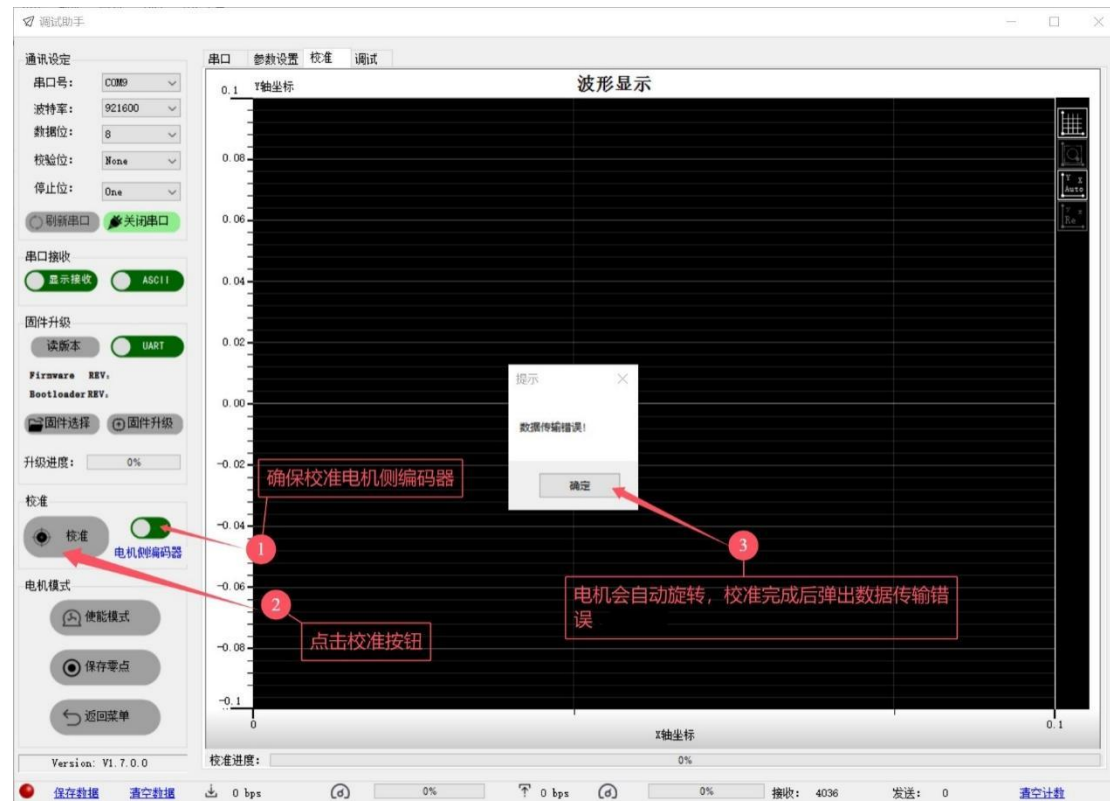
- 1.使用三相线和传感器线连接电机和驱动器，确保连接牢靠无松动。
- 2.使用 3pin 串口线连接驱动器和 USB 转 CAN，确保连接牢靠无松动。
- 3.将 USB 转 CAN 连接上 PC，并打开调试助手上位机。
- 4.使用以下参数配置打开串口。



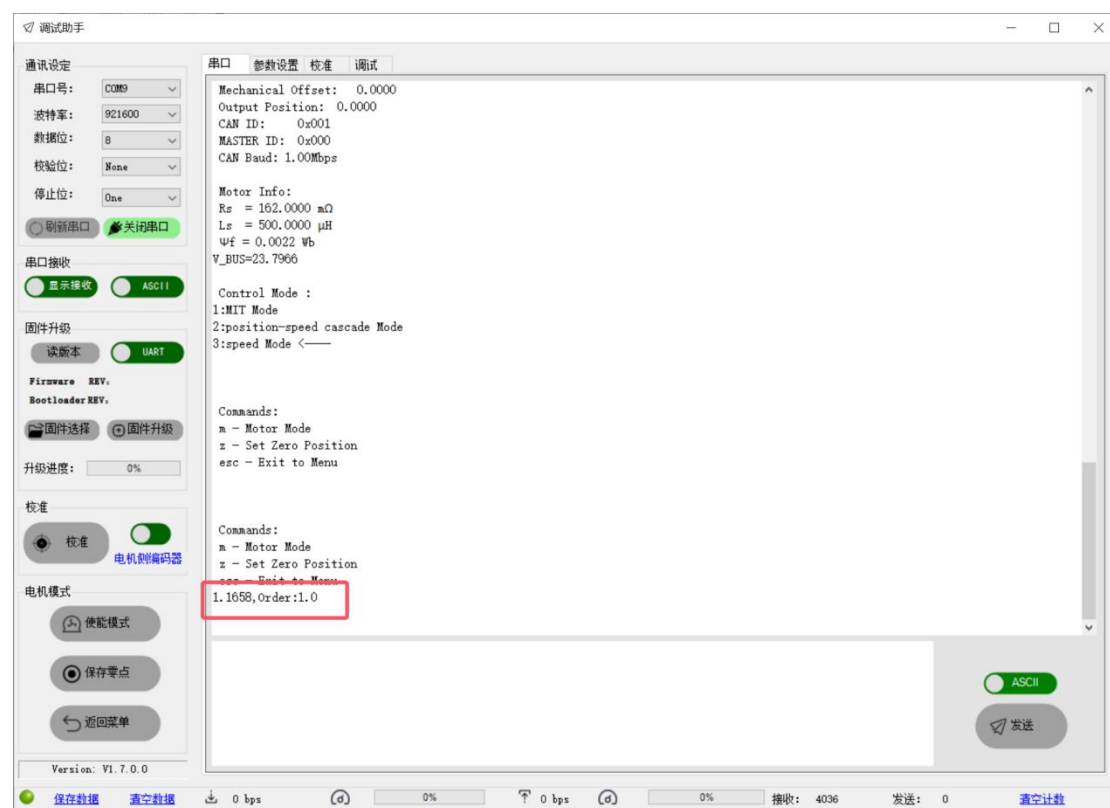
- 5.将右侧选为电机侧编码器



- 6.给电机供电 24V(校准过程电流约 1A 左右，请使用 1A 以上的电源)。
- 7.点击校准，电机可能会自由转动起来，整个过程约 2s
- 8.校准完成后，驱动器会向串口发送消息，因此会导致上位机提示“数据传输错误”，可以忽略。



9.回到串口界面，可以看到驱动器向串口打印当前的校准信息，至此校准完成。



❖ 参数标定

校准完成后，可以进行参数辨识，主要识别电机的相电阻、相电感以及磁链等重要参数。

请保持电机处于空载状态，并固定好电机后再进行参数标定操作。

点击“参数设置”标签卡，再点击“参数标定”按钮，驱动器进入辨识步骤。期间电机先会以低频震动，随即加速到一定的转速后匀速转动，最后正反转。以上为正确的辨识现象，若出现异常情况，请检查电机是否已校准，输出轴转动是否正常。



辨识完成后，会自动上传辨识的结果：



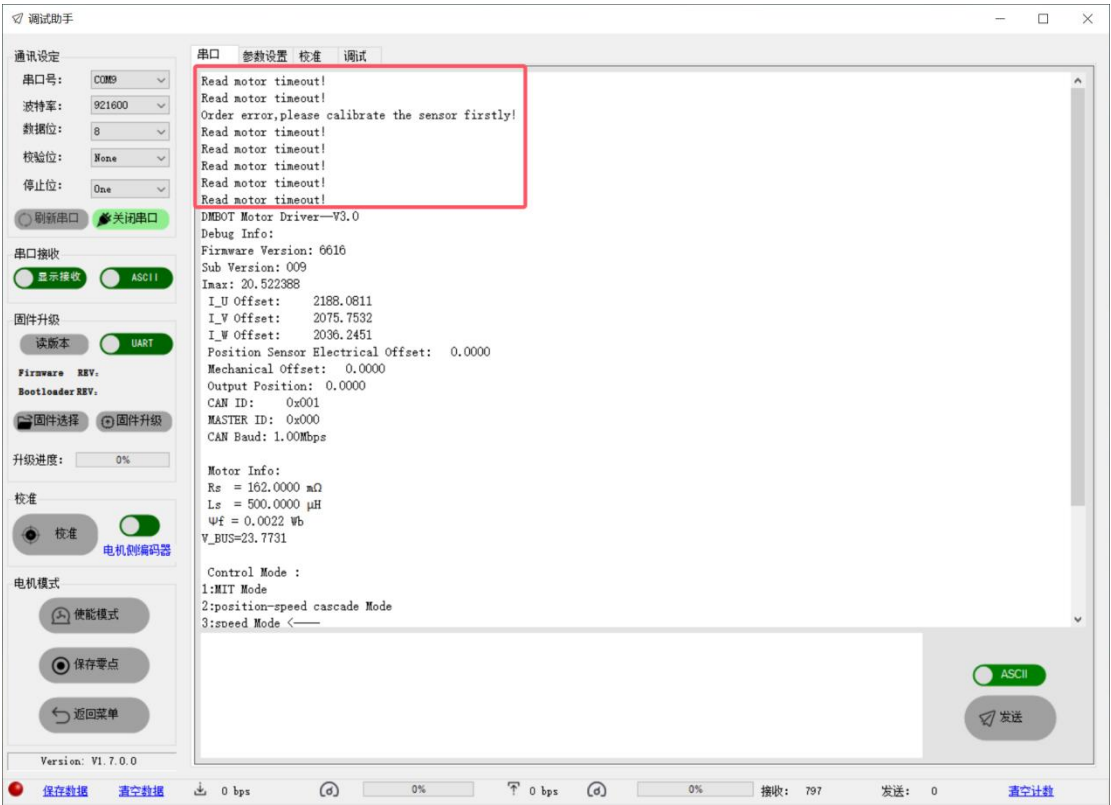
【注意】以上参数除粘滞系数外不能出现负值，若出现负值，请确认电机状态后再行标定。

❖ 调试步骤

正常情况下，电机无需进行校准和标定操作，可按如下步骤进行调试操作。

1.连接电机和驱动器

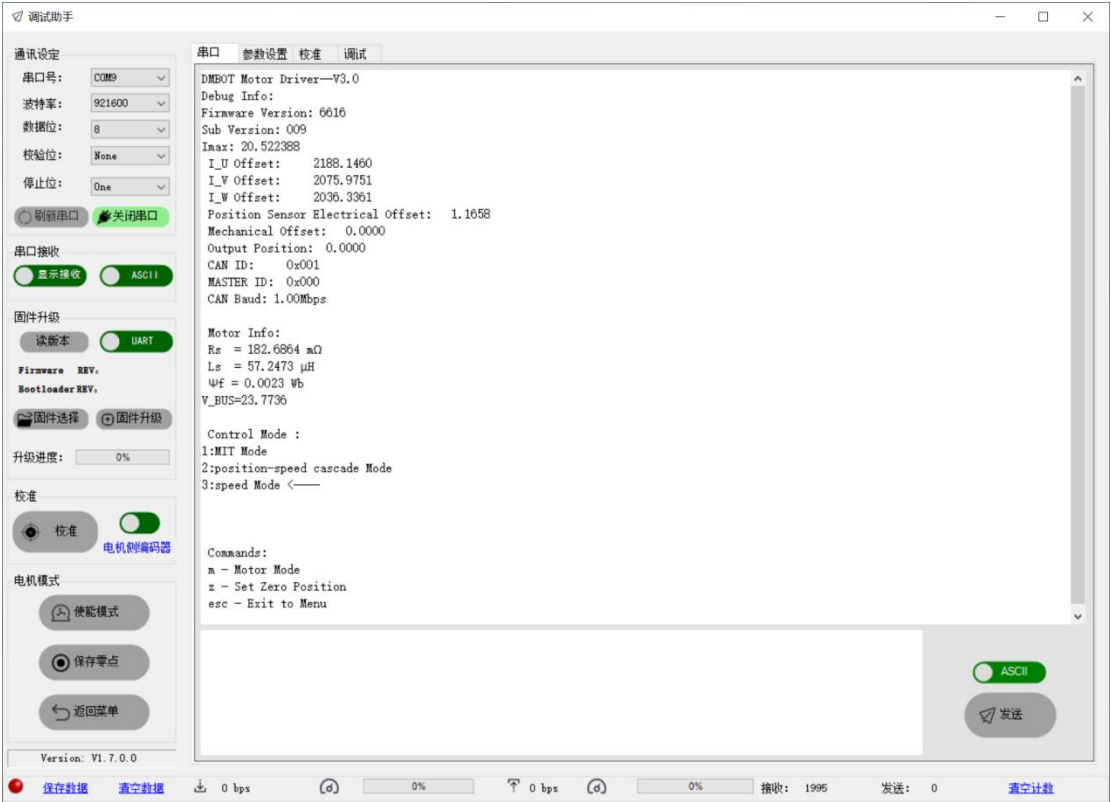
电机和驱动器需要 4pin 的传感器线和 3 相动力线连接，若通讯线连接松动或未连接，则会影响电机正常使用，驱动器上电会打印读取超时，通讯报错，红灯闪烁。



2.连接驱动通讯线和电源线

驱动器可使用 3Pin 串口线进行参数读写，2PinCAN 线用于控制电机的运行，也可以使用 CAN 线进行参数读写，具体可参考下文 [CAN 配置命令](#) 小节。

使用串口线和 CAN 线连接驱动器和 USB 转 CAN 模块，确保连接牢靠无松动，注意检查 CAN 线线序，确保 USB 转 CAN 上的 CAN_H 与驱动器的 CAN_H 连接，CAN_L 与驱动器的 CAN_L 连接。检查无误后，即可给驱动器电源供电，正常情况下会在串口界面打印如下消息：



包含固件版本，三相电流偏置，电机角度，驱动器 ID 配置，波特率，电源电压等信息。

3.串口读写参数

切换到参数设置界面，点击“读取”按钮，驱动器将上传当前驱动器配置的参数和电机的参数。



请检查相关参数是否符合要求，如需修改，请在相应的边框中输入相应的数据，再点击写参数按钮。

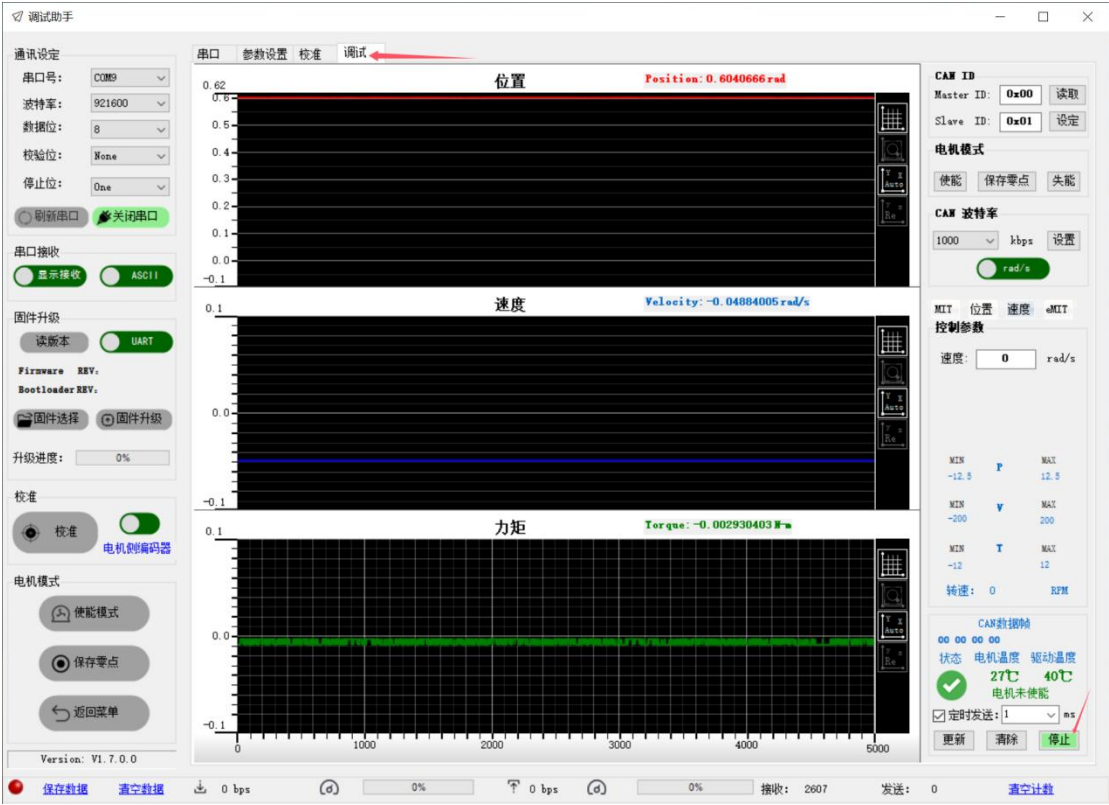
注意：

- ①请勿修改极对数和减速比参数。
- ②点击“写参数”后，驱动器将自动软件重启，无需外部重启电源。
- ③“暂存”按钮只针对控制器参数生效，并且掉电后会丢失。

4.调试

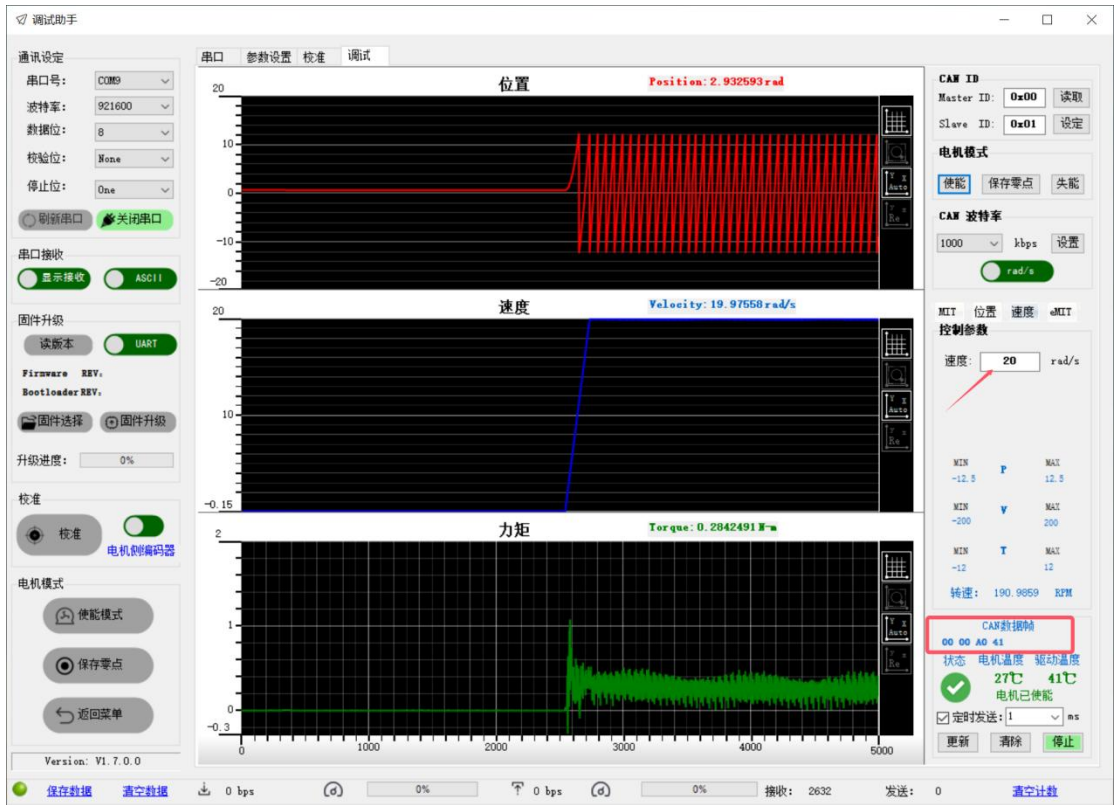
经过前几步正确操作后，即可进行电机运行调试，调试界面使用的是 CAN 通信，请确保 CAN 线已正确连接后再进行操作。使能后电机可能会旋转，此步骤需要固定好电机，以免发生意外。

点击调试标签，进入调试界面。



点击发送，通讯正常后，界面将会显示出电机状态曲线。

选择相应的控制模式标签卡，以速度模式为例，输入速度 20rad/s，点击更新后，CAN 数据帧自动更新数据，此时数据将发送给驱动器，点击使能后电机将以 20rad/s 的速度旋转，界面波形滚动，至此调试完成。



❖ CAN 配置命令

电机参数不仅可以通过上位机进行串口配置，也可以通过 CAN 总线来实现。除基本参数配置外，新增模式更改以及波特率修改。

1.读取参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0x33	RID	xx(don' t care)			

RID 为寄存器地址，可参见第 6 小节的定义。

读取成功后，会返回该寄存器的数据，帧格式如下：

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0x33	RID	数据			

数据为浮点型数据或无符号整型，占用 32 位共 4 字节，低位 D4，最高位为 D7，下同。

2.写入参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0x55	RID	数据			

RID 如上，写入数据后，驱动器会进行数据范围校验，若在规定范围内，则可以写入成功，驱动器即时载入相应的参数，并返回写入的数据，帧格式与发送的相同：

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0x33	RID	数据			

若超出范围，则写入失败，驱动器返回原寄存器数据。

写寄存器数据立即生效，但无法进行存储，掉电后丢失，需要发送存储参数的命令，将修改的参数全部写入片内。

3.存储参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0xAA	XX

写入成功后，返回格式为：

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0xAA	01

注意：

- ①存储参数只在失能模式下生效。
- ②存储参数时将一次性保留全部参数。
- ③该操作将参数写入片内 flash 中，每次操作时间最大为 30ms，请注意留足足够的时间。
- ④flash 擦写次数约 1 万次，请不要频繁发送“存储参数”指令。

4.模式切换

支持多种模式互相切换，目前支持的控制模式如下：

编码	模式
1	MIT
2	位置速度
3	速度

通过修改模式寄存器(0x0A)的值，即可修改模式，模式切换时，电机首先清零指令值，包括位置，速度，以及 MIT 模式里的扭矩前馈和 KP,KD 的值。

由一种模式切换到位置控制的模式时，为防止冲击，建议先读取精确的位置后，再考虑切换，尽量在电机零速的时候进行切换。

模式修改后，不会存入 flash 中，掉电会丢失，重新上电后，控制模式设置为上次存入 flash 中的模式。

5.波特率修改

通过向波特率寄存器（地址为 0x23）写入特定的数据，可以修改当前的 CAN 通讯波特率，驱动器支持特定波特率修改，目前可支持的波特率如下：

编码	波特率
0	125K
1	200K
2	250K
3	500K
4	1M

5	2M
6	2.5M
7	3.2M
8	4M
9	5M

修改波特率成功后，驱动器先以原波特率反馈数据，之后以新的波特率进行通讯。上电后电机先判断存储的波特率，若大于 5Mbps，则自动默认为 1Mbps，对于大于 1Mbps(不包含 1Mbps)将自动变成 CAN FD 功能；若波特率小于等于 1Mbps，自动变成 CAN 2.0B。设置成 CAN FD 的电机仍可以接受到 CAN 2.0B 数据帧，但发送反馈帧时采用 CAN FD，因此上层控制器将接收不到反馈数据，并且驱动器会不断报错。采用 CAN 2.0B 的控制器设置错 ID 后，仍可以通过修改波特率的命令改回波特率。

6.寄存器地址

地址 (HEX)	地址 (DEC)	变量	描述	读写	范围	类型
0x00	0	UV_Value	低压保护值	RW	(10.0, fmax]	float
0x01	1	KT_Value	扭矩系数	RW	[0.0, fmax]	float
0x02	2	OT_Value	过温保护值	RW	[80.0, 200)	float
0x03	3	OC_Value	过流保护值	RW	(0.0, 1.0)	float
0x04	4	ACC	加速度	RW	(0.0, fmax)	float
0x05	5	DEC	减速度	RW	[-fmax, 0.0)	float
0x06	6	MAX_SPD	最大速度	RW	(0.0, fmax]	float
0x07	7	MST_ID	反馈 ID	RW	[0, 0x7FF]	uint32
0x0A	8	ESC_ID	接收 ID	RW	[0, 0x7FF]	uint32
0x09	9	TIMEOUT	超时警报时间	RW	[0, 2 ³² -1]	uint32
0x0A	10	CTRL_MODE	控制模式	RW	[0, 4]	uint32
0x0B	11	Damp	电机粘滞系数	RO	/	float
0x0C	12	Inertia	电机转动惯量	RO	/	float
0x0D	13	hw_ver	保留	RO	/	uint32
0x0E	14	sw_ver	软件版本号	RO	/	uint32
0x0F	15	SN	保留	RO	/	uint32
0x10	16	NPP	电机极对数	RO	/	uint32
0x11	17	Rs	电机相电阻	RO	/	float
0x12	18	Ls	电机相电感	RO	/	float
0x13	19	Flux	电机磁链值	RO	/	float
0x14	20	Gr	齿轮减速比	RO	/	float
0x15	21	PMAX	位置映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x16	22	VMAX	速度映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x17	23	TMAX	扭矩映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x18	24	I_BW	电流环控制带宽	RW	[100.0, 1.0e4]	float
0x19	25	KP_ASR	速度环 Kp	RW	[0.0, fmax]	float
0x1A	26	KI_ASR	速度环 Ki	RW	[0.0, fmax]	float

0x1B	27	KP_APR	位置环 Kp	RW	[0.0, fmax]	float
0x1C	28	KI_APR	位置环 Ki	RW	[0.0, fmax]	float
0x1D	29	OV_Value	过压保护值	RW	TBD	float
0x1E	30	GREF	齿轮力矩效率	RW	(0.0, 1.0]	float
0x1F	31	Deta	速度环阻尼系数	RW	[1.0, 30.0]	float
0x20	32	V_BW	速度环滤波带宽	RW	(0.0, 500.0)	float
0x21	33	IQ_c1	电流环增强系数	RW	[100.0, 1.0e4]	float
0x22	34	VL_c1	速度环增强系数	RW	(0.0, 1.0e4]	float
0x23	35	can_br	CAN 波特率代码	RW	[0, 4]	uint32
0x24	36	sub_ver	子版本号	RO	/	uint32
0x32	50	u_off	u 相偏置	RO	/	float
0x33	51	v_off	v 相偏置	RO	/	float
0x34	52	k1	补偿因子 1	RO	/	float
0x35	53	k2	补偿因子 2	RO	/	float
0x36	54	m_off	角度偏移	RO	/	float
0x37	55	dir	方向	RO	/	float
0x50	80	p_m	电机当前位置	RO	/	float
0x51	81	xout	输出轴位置	RO	/	float

RW：可读写。

RO：只读。

❖ 固件升级

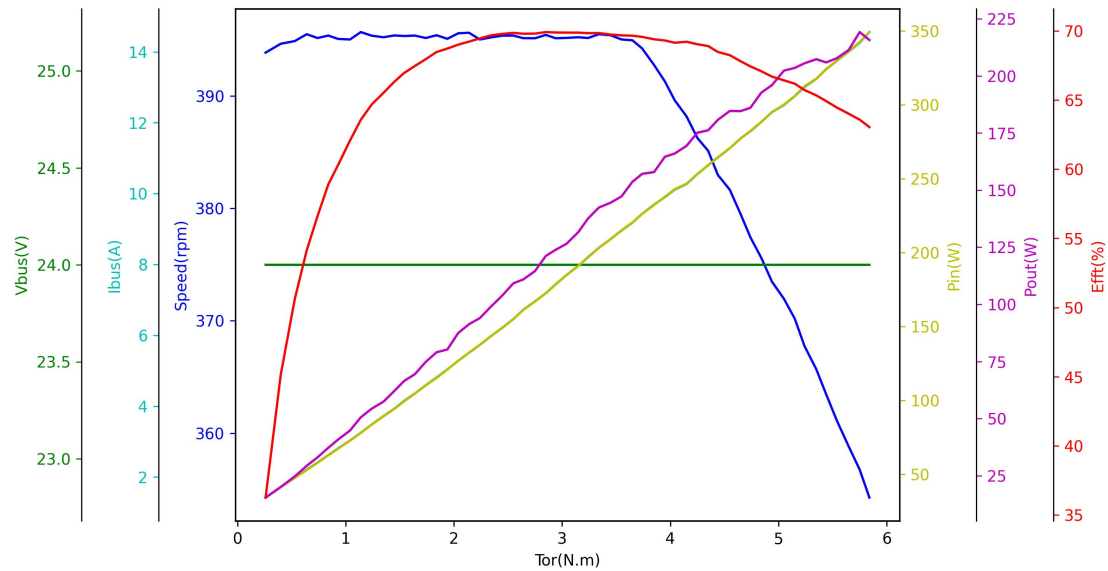
当固件有新增新功能，或有升级解决 BUG 版本后，用户可以通过串口实现升级，以解决问题，使用新功能。使用前需要连接上串口，然后点击“固件选择”，选择相应的固件，确认后再点击固件升级按钮，等待升级进度条完成，也可通过串口界面观察是否完成升级。



注意：固件名称要与电机匹配，确保不要选择错误。

特性曲线

测试环境：室温 25℃，实验室环境。



特征参数

请根据以下参数合理使用电机。

电机参数	额定电压	24V(驱动支持 15~52V 供电)
	额定相电流(电源电流)	9. 2A (8. 6A)
	峰值相电流(电源电流)	20. 5A (16. 1A)
	额定扭矩	3. 5Nm
	峰值扭矩	7. 8Nm
	额定转速	395rpm
	空载最大转速	435rpm
电机特征值	减速比	3591/187 (1 : 19. 2)
	极对数	7
	相电感	55uH
	相电阻	0. 2 Ω
结构与重量	外径	电机 42mm
	高度	电机 91. 5mm
	电机重量	约 396g
编码器	编码器类型	增量式编码器
通讯	控制接口	CAN
	调参接口	UART@921600bps

控制与保护	控制模式	MIT 模式
		速度模式
		位置模式
	保护	驱动过温防护，防护温度：120℃，过温电机将退出“使能模式”
		电机过温防护，根据使用需求设定，建议不超过 100℃，过温电机将退出“使能模式”
		电机过压防护，根据使用需求设定，建议不超过 60V，过压将退出“使能模式”
		通讯丢失防护，设定周期内没有收到 CAN 指令将自动退出“使能模式”
		电机过流防护，根据使用需求设定，建议不超过 20A（相电流），过流将退出“使能模式”
		电机欠压防护，若电源电压低于设定值，则退出“使能模式”，电源电压不低于 15V

资料下载链接 1: <https://g11po2nscb.feishu.cn/drive/folder/KAbsfMgPkIFbycdDBdGcpX9Dn6d>

资料下载链接 2: <https://gitee.com/kit-miao/damiao-dynamic>