CyberGear 微电机使用说明书

目录

注意事项

1、请按照本文规定的工作参数使用，否则会对本产品造成严重的损坏！
2、在关节运行时不可切换控制方式，如需切换需要发送停止运行命令后再做切换。
3、使用前请检查各部件是否完好，如发生部件缺失、损坏请及时联系技术支持。
4、请勿随意拆卸电机，以免出现无法恢复的故障。
5、确保电机连接时无短路，接口按要求正确连接。

法律声明

在使用本产品前，请用户务必仔细阅读本手册，按照本手册内容操作本产品。如用户违反本手册内容使用本产品，造成的任何财产损失、人身伤害事故，本公司不承担任何责任。 因本产品由众多零部件构成，切勿让儿童接触本产品，以免发生意外事故。为延长产品使用寿命，请勿在高温、高压环境中使用本产品。本手册在印刷时已尽可能的包含各项功能介绍和使用说明。但由于产品功能不断完善、设计变更等，仍可能与用户购买的产品有不符之处。

本手册与实际产品在颜色、外观等方面可能有所偏差，请以实际产品为准。本手册由小米或其当地的子公司出版，小米随时可能对本手册中的印刷错误、不准确的最新信息进行必要的改进和更改，或对程序和/或设备进行改进，恕不另行通知。此类更改将上传到本手册的新版本中，请扫描本手册二维码进行获取。所有图片仅供功能说明参考，请以实物为准。

售后政策

本产品售后服务严格依据《中华人民共和国消费者权益保护法》、《中华人民共和国产品质量法》实行售后服务，服务内容如下：

1、保修期限及内容

（1）凡在线上渠道下单购买本产品的用户，可在自签收次日起七日内享受无理由退货服务。退货时用户须出示有效购买凭证，并退回发票。用户须保证退货商品保持原有品质和功能、外观完好、商品本身及配件的商标和各种标识完整齐全，如有赠品需一并退回。如果商品出现人为损坏、人为拆机、包装箱缺失、零配件缺失的情况，不予办理退货。 退货时产生的物流费用由用户承担（收费标准见“售后服务收费标准”）。如果用户未结清物流费用，将按实际发生额从退款金额中扣除。 自收到退货商品之日起七日内向用户返还已支付的货款。退款方式与付款方式相同。具体到账日期可能会受银行、支付机构等因素影响。

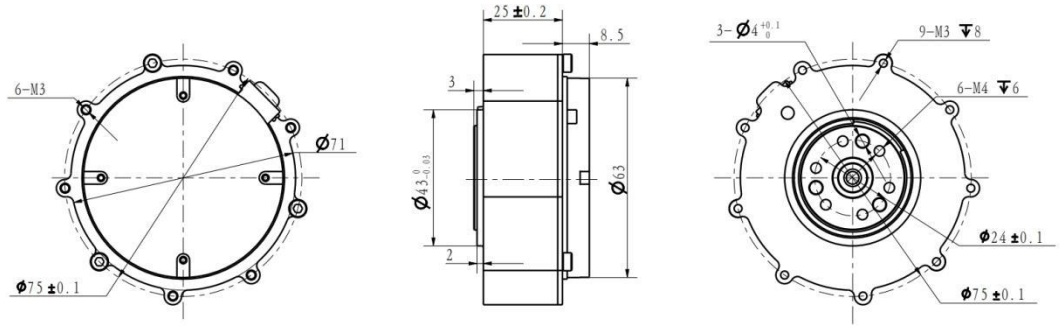
（2）自用户签收次日起 7 天内，发生非人为损坏性能故障，经由小米售后服务中心检测确认后，为用户办理退货业务，退货时用户须出示有效购买凭证，并退回发票。如有赠品需一并退回。

（3）自用户签收次日起 7 天后至 15 天内，发生非人为损坏性能故障，经由小米售后服务中心检测确认后，为用户办理换货业务，更换整套商品。换货后，商品本身三包期重新计算。

（4)自用户签收次日起15天后至365天内,经由小米售后服务中心检测确认后,属于产品本身质量故障,可免费提供维修服务。更换的故障产品归小米公司所有。无故障产品，将原样返回。本产品经过各项严格检测后出厂，如有非产品本身质量故障，我们将有权拒绝用户的退换货需求。
本手册售后政策若与店铺售后政策不一致的，以店铺的售后政策为准。
2、非保修条例以下情况不属于保修范围：
1. 超出保修条款所限定的保修期限。
2. 未按照说明书要求，错误使用造成的产品损坏损毁。
3. 不当的操作、维修、安装、改装、测试等不正当使用造成的损坏损毁。
4. 非质量故障引起的常规机械损耗、磨损。
5. 非正常工况下造成的损坏，包括但不限于跌落、撞击、液体浸入、剧烈撞击等。
6. 天灾（如水灾、火灾、雷击、地震等）或不可抗击力造成的损坏。
7. 超过峰值扭矩使用造成的损坏。
8. 非小米原装正品或无法提供合法购买凭证。
9. 其他非产品的设计、技术、制造、质量等问题导致的故障或损坏。
10. 将本产品应用于商业用途。
如果出现上述情况，用户需自行支付费用。
集团售后政策详见：https://www.mi.com/service/serviceAgreement?id=17

1 电机规格参数

1.1 外形及安装尺寸



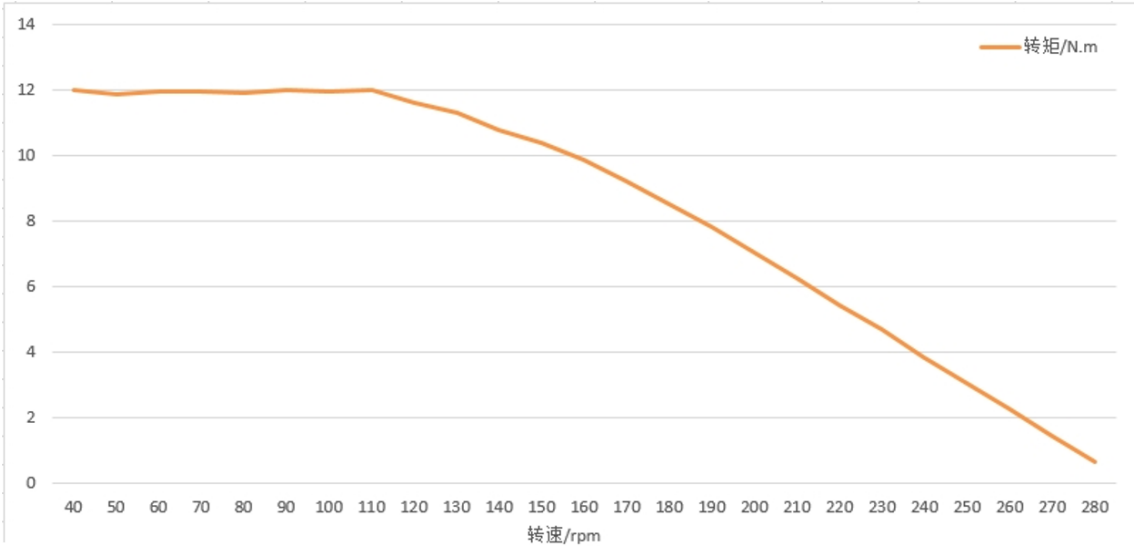
1.2 标准使用状态

1.2.1 额定电压： 24 VDC
1.2.2 使用电压范围： 16V—28 VDC
1.2.3 额定负载（CW）： 4 N.m
1.2.4 运转方向： CW/CCW 从出轴方向看
1.2.5 使用姿势：出轴方向为水平或者垂直
1.2.6 标准使用温度：25±5℃

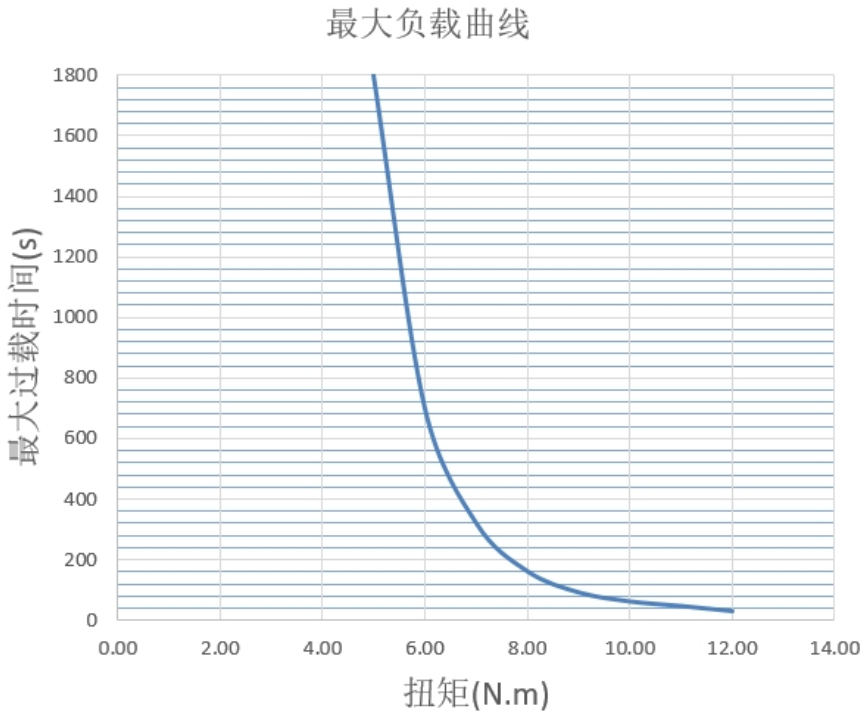
1.2.7 使用温度范围：-20～50℃
1.2.8 标准使用湿度：65%
1.2.9 使用湿度范围：5～85%,无凝露
1.2.10 保存温度范围：-30～70℃
1.2.11 绝缘等级：Class B

1.3 电气特性

1.3.1 空载转速：296 rpm±10%
1.3.2 空载电流：0.5 Arms
1.3.3 额定负载： 4 N.m
1.3.4 额定负载转速：240rpm±10%
1.3.5 额定负载电流(峰值)：6.5A±10%
1.3.6 峰值负载：12 N.m
1.3.7 峰值电流(峰值)：23A±10%
1.3.8 绝缘电阻/定子绕组：DC 500VAC, 100M Ohms
1.3.9 耐高压/定子与机壳： 600 VAC, 1s, 2mA
1.3.10 电机反电势：0.054-0.057Vrms/rpm
1.3.11 线电阻：0.45Ω ±10%
1.3.12 转矩常数：0.87N.m/Arms
1.3.13 电机电感：187-339μH
1.3.14 T-N 曲线



1.3.15 最大过载曲线
测试条件：
环境温度：25℃
绕阻极限温度：120℃
转速：24rpm



Load	Operating time(s)
12.00	28
11.00	45
10.00	60
9.00	90
8.00	160
7.00	320
6.00	700
5.00	1800
4.50	2500
4.00	rated

测试数据

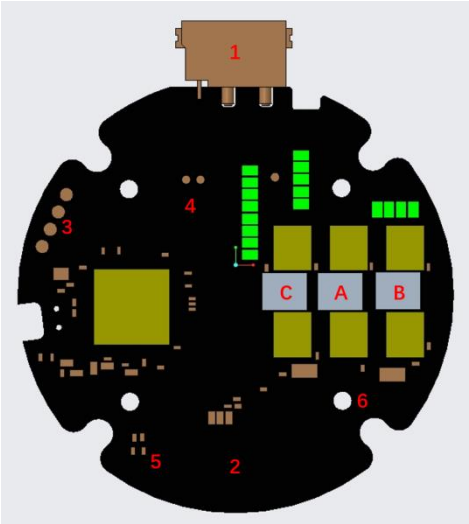
1.4 机械特性

1.4.1 重量：317g±3g
1.4.2 极数：28 极
1.4.3 相数：3 相

1.4.4 驱动方式：FOC
1.4.5 减速比：7.75：1

2 驱动器产品信息

2.1 驱动器外观简介&产品规格

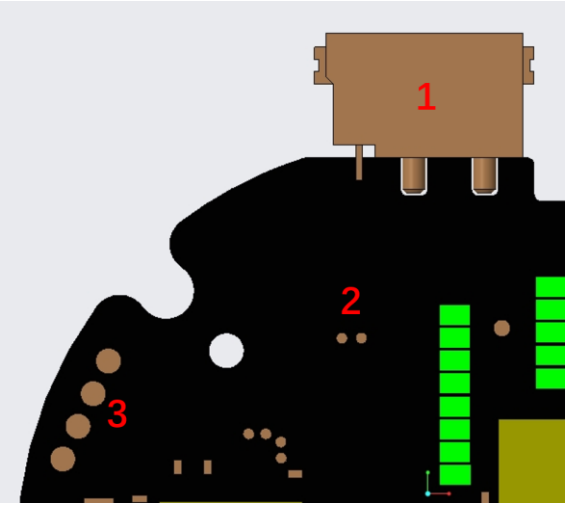


1.24V 电源和 CAN 通信集成端子；
2.硬件版本及镭雕二维码；
3.MCU 下载口；
4.CAN 通信测试点；
5.指示灯；
6.安装孔；
7.“C、A、B”是三相绕组焊接点；

产品规格	
额定工作电压	24VDC
允许最大电压	28VDC
额定工作电流	6.5A
最大允许电流	23A
待机功耗	≤18mA
CAN 总线比特率	1Mbps
尺寸	Φ58mm
工作环境温度	-20℃至 50℃
控制板允许最大温度	80℃
编码器分辨率	14bit（单圈绝对值）

2.2 驱动器接口定义

2.2.1 驱动器接口图

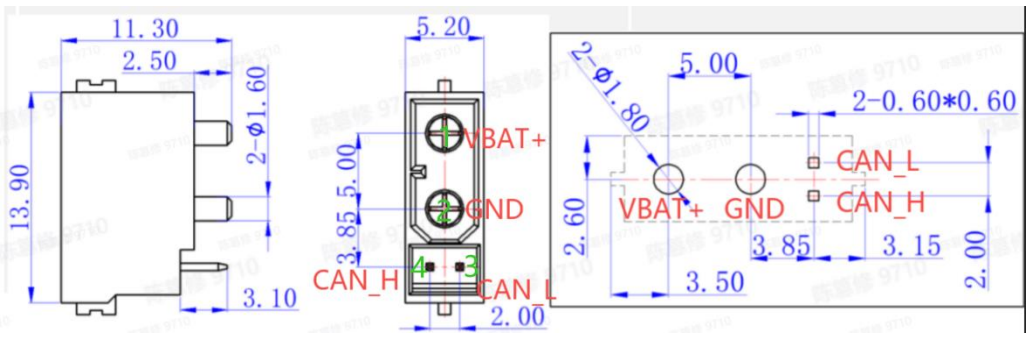


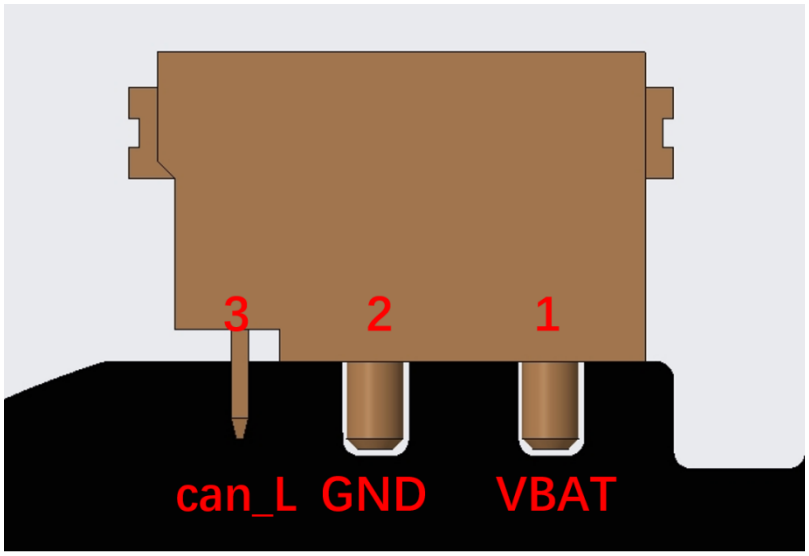
2.2.2 驱动器接口推荐品牌及型号

序号	板端型号	品牌厂家	线端型号	品牌厂家
1	XT30PB(2+2)-M.G.B	AMASS（艾迈斯）	XT30(2+2)-F.G.B	AMASS（艾迈斯）
2	2.0mm-2P 焊盘	/	2.0mm-2P 探针	/
3	2.54mm-4P 焊盘	/	2.54mm-4P 探针	/

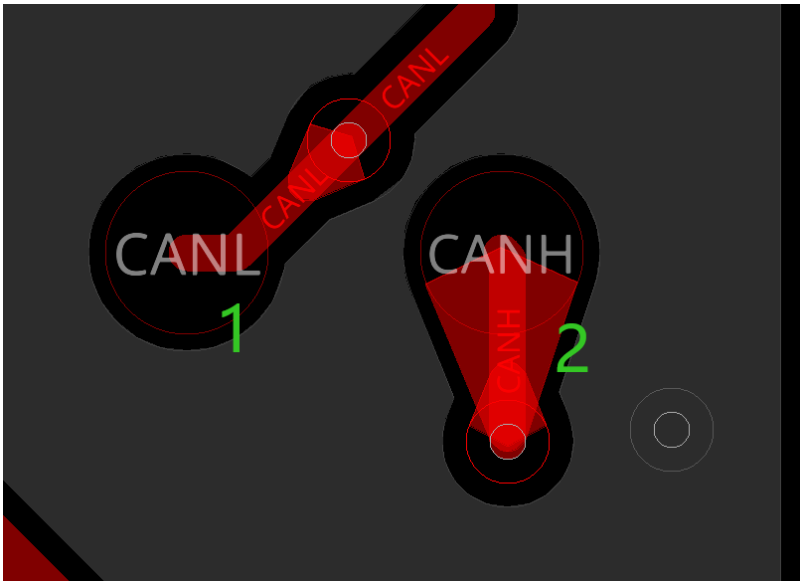
2.2.3 驱动器接口引脚定义

电源和 CAN 通信口；

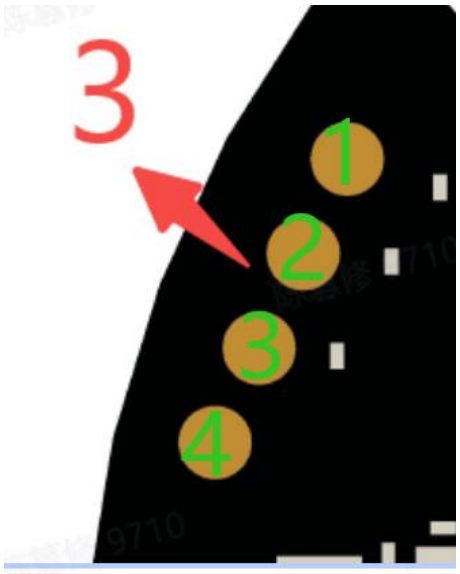




CAN 通信测试焊盘

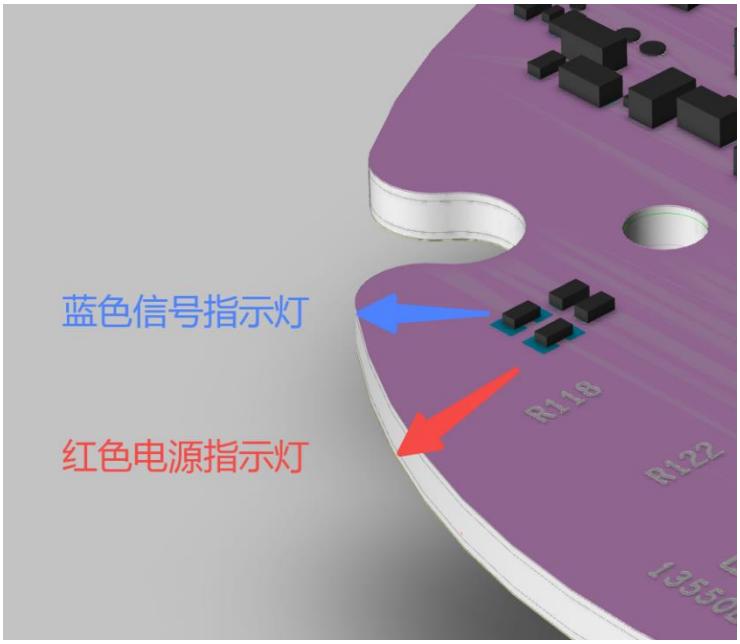


下载口



序号	接口功能	引脚	说明
1	电源及 CAN 通信	1	电源正极（+）
		2	电源负极（-）
		3	CAN 通信低侧 CAN_L
		4	CAN 通信高侧 CAN_H
2	CAN 通信测试点	1	CAN 通信低侧 CAN_L
		2	CAN 通信高侧 CAN_H
3	下载口	1	SWDIO（数据）
		2	SWCLK（时钟）
		3	3V3（正极 3.3V）
		4	GND（负极地）

2.3 驱动器指示灯定义



指示灯定义	
电源指示灯（亮时红灯）	电源指示灯，用于指示 MCU 3.3V 电源情况，总电源输入 24V 时，该灯亮红色，则证明整个网络供电正常；如果 24V 输入电源时，该指示灯不亮需要立刻断掉电源；
信号指示灯（亮时蓝灯）	当信号灯闪烁时，证明 MCU 运行正常；并且驱动芯片运行正常；

2.4 主要器件及规格

序号	项目	规格	数量
1	MCU 芯片	GD32F303RET6	1 PCS
2	驱动芯片	6EDL7141	1 PCS
3	磁编码器芯片	AS5047P	1 PCS
4	热敏电阻	NXFT15XH103FEAB021/NCP18XH103F03RB	2 PCS
5	功率 MOS	JMGG031V06A	6 PCS

3 调试器使用说明(扫描纸质说明书末尾二维码获取调试器)

3.1 硬件配置

关节电机采用 CAN 通信方式，通信线有两根，通过 can 转 USB 工具与调试器相连，调试器需要提前安装 ch340 驱动，默认工作在 AT 模式。

需要注意的是，我们是根据特定的 can 转 USB 工具开发的调试器，因此需要用我们推荐的串口工具来进行调试器调试，如果想要移植到其他调试器平台可以参照说明书的第三章进行开发。

can 转 USB 工具推荐使用 YourCee 的 USB-CAN 模块，对应串口协议的帧头为 41 54，帧尾为 0D 0A。

3.2 调试器界面及说明

主要包括：

A. 模块选择

- 设备模块
- 配置模块
- 分析模块
- 帮助模块

B. 子模块选择

设备模块包括

- 连接或断开电机设备
- 电机设备信息
- 电机编码器标定
- 修改电机 CAN ID
- 设置电机的机械零位
- 电机程序升级

配置模块包括：

- 参数表，可以查看并修改电机参数
- 上传参数，可以将电机中参数上传到参数表中
- 下载参数，可以将参数表中数据下载到电机中
- 导出参数，可以将参数表中数据下载到本地
- 恢复出厂，可以将参数表中数据恢复出厂设置
- 清除警告，可以清除电机报错，如温度过高等

分析模块包括：

- 示波器，可以查看参数随时间变化曲线
- 频率，可以调整查看数据的频率
- 信道，可以配置查看的数据
- 开始、停止绘图
- 输出波形数据到本地

帮助模块包括：

- 使用说明，可以打开使用说明书
- 关于，可以查看软件信息

C. 电机信息查询

- 设备信息
- 参数表信息

D. 数据栏

- 日志信息
- 通信信息

E. 运行调试区

- 选择设备
- 便捷操作区，可以快速控制电机正反转
- 运动控制区，可以控制电机按各模式运行

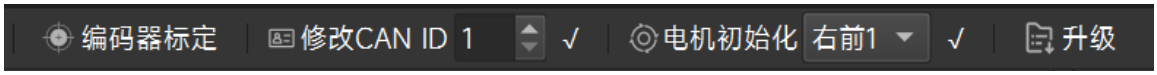
F. 子模块显示区

3.3 电机设置

3.3.1 电机连接设置

连接 can 转 USB 工具（安装 ch340 驱动，默认工作在 AT 模式），选择设备模块，单击连接子模块，选择对应串口连接。

3.3.2 基本设置



（1）修改电机 id 号。
（2）电机磁编标定，电机板与电机重新安装，或电机线重新换顺序连接等，需要重新进行磁编标定。
（3）设置零位（掉电丢失），设置当前位置为 0。
（4）电机程序升级，当电机程序有更新时，点击升级按钮选中升级文件即可进行升级。

3.3.3 参数表

成功连接电机后，点击配置模块中的参数表模块，日志中会显示全部参数加载成功，说明成功读取到电机相关参数（注：参数表需要在电机处于待机状态下进行配置，如果电机处于运行状态则无法进行参数表刷新）界面会显示电机的相关参数，蓝色的参数为电机内部的存储参数，可以在相应参数后面的当前值栏进行修改，点击下载参数可以将调试器中参数下载到电机中，点击上传参数可以将电机中的参数上传到调试器中，电机恢复绿色参数为观测参数，为采集得到的参数，可进行实时观测。

注：电机的转矩限制、保护温度、过温时间请勿随意更改。因违规操作本产品导致对人体造成伤害，或对关节造成不可逆的损伤，我司将不承担任何法律责任。

参数表							
功能码	名称	参数类型	属性	最大值	最小值	当前值（供参考）	备注
0X0000	Name	String	读/写			ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ	
0X0001	BarCode	String	读/写			ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ	
0X1000	BootCodeVersion	String	只读			0.1.5	
0X1001	BootBuildDate	String	只读			Mar 16 2022	

0X1002	BootBuildTime	String	只读			20:22:09	
0X1003	AppCodeVersion	String	只读			0.1.5	电机程序版本号
0X1004	AppGitVersion	String	只读			7b844b0fM	
0X1005	AppBuildDate	String	只读			Apr 14 2022	
0X1006	AppBuildTime	String	只读			20:30:22	
0X1007	AppCodeName	String	只读			dog_motor	
0X2000	echoPara1	uint16	配置	74	5	5	
0X2001	echoPara2	uint16	配置	74	5	5	
0X2002	echoPara3	uint16	配置	74	5	5	
0X2003	echoPara4	uint16	配置	74	5	5	
0X2004	echoFreHz	uint32	读/写	10000	1	500	
0X2005	MechOffset	float	设定	7	-7	4.619583	电机磁编码器角度偏置
0X2006	MechPos_init	float	读/	50	-50	4.52	初始多圈时的

			写				参考角度
0X2007	limit_torque	float	读/写	12	0	12	转矩限制
0X2008	I_FW_MAX	float	读/写	33	0	0	弱磁电流值，默认 0
0X2009	motor_index	uint8	设定	20	0	1	电机 index，标记电机关节位置
0X200a	CAN_ID	uint8	设定	127	0	1	本节点 id
0X200b	CAN_MASTER	uint8	设定	127	0	0	can 主机 id
0X200c	CAN_TIMEOUT	uint32	读/写	100000	0	0	can 超时阈值，默认 0
0X200d	motorOverTemp	int16	读/写	1500	0	800	电机保护温度值，temp（度）*10
0X200e	overTempTime	uint32	读/写	1000000	1000	20000	过温时间
0X200f	GearRatio	float	读/写	64	1	7.75	传动比
0X2010	Tq_caliType	uint8	读/写	1	0	1	转矩标定方法设定

0X2011	cur_filt_gain	float	读/写	1	0	0.9	电流滤波参数
0X2012	cur_kp	float	读/写	200	0	0.025	电流 kp
0X2013	cur_ki	float	读/写	200	0	0.0258	电流 ki
0X2014	spd_kp	float	读/写	200	0	2	速度 kp
0X2015	spd_ki	float	读/写	200	0	0.021	速度 ki
0X2016	loc_kp	float	读/写	200	0	30	位置 kp
0X2017	spd_filt_gain	float	读/写	1	0	0.1	速度滤波参数
0X2018	limit_spd	float	读/写	200	0	2	位置环速度限制
0X2019	limit_cur	float	读/写	27	0	27	位置速度控制电流限制
0X3000	timeUse0	uint16	只读			5	

0X3001	timeUse1	uint16	只读			0	
0X3002	timeUse2	uint16	只读			10	
0X3003	timeUse3	uint16	只读			0	
0X3004	encoderRaw	int16	只读			11396	磁编码器采样值
0X3005	mcuTemp	int16	只读			337	mcu 内部温度，*10
0X3006	motorTemp	int16	只读			333	电机 ntc 温度，*10
0X3007	vBus(mv)	uint16	只读			24195	母线电压
0X3008	adc1Offset	int32	只读			2084	adc 采样通道 1 零电流偏置
0X3009	adc2Offset	int32	只读			2084	adc 采样通道 2 零电流偏置
0X300a	adc1Raw	uint16	只读			1232	adc 采样值 1
0X300b	adc2Raw	uint16	只读			1212	adc 采样值 2
0X300c	VBUS	float	只读			24.195	母线电压 V
0X300d	cmdId	float	只读			0	id 环指令，A

0X300e	cmdIq	float	只读			0	iq 环指令，A
0X300f	cmdlocref	float	只读			0	位置环指令，rad
0X3010	cmdspdref	float	只读			0	速度环指令，rad/s
0X3011	cmdTorque	float	只读			0	转矩指令，nm
0X3012	cmdPos	float	只读			0	mit 协议角度指令
0X3013	cmdVel	float	只读			0	mit 协议速度指令
0X3014	rotation	int16	只读			1	圈数
0X3015	modPos	float	只读			4.363409	电机未计圈机械角度，rad
0X3016	mechPos	float	只读			0.777679	负载端计圈机械角度，rad
0X3017	mechVel	float	只读			0.036618	负载端转速,rad/s
0X3018	elecPos	float	只读			4.714761	电气角度
0X3019	ia	float	只读			0	U 线电流，A

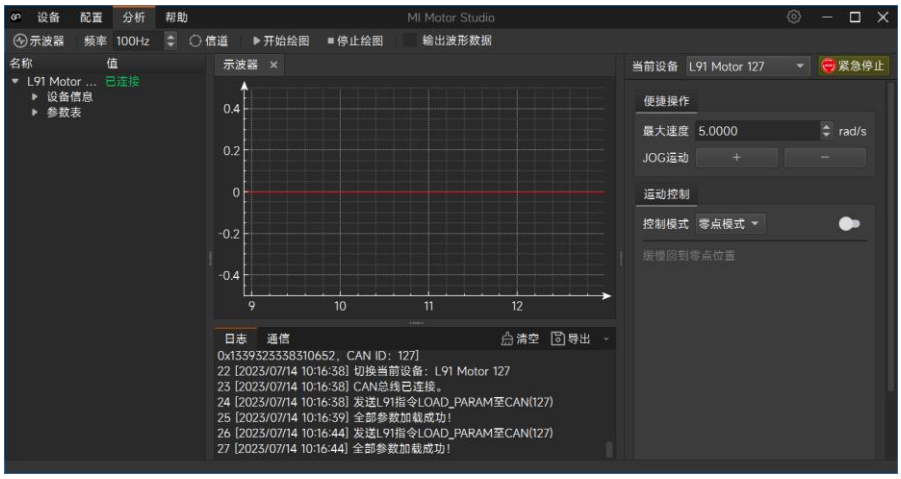
0X301a	ib	float	只读			0	V 线电流，A
0X301b	ic	float	只读			0	W 线电流，A
0X301c	tick	uint32	只读			31600	
0X301d	phaseOrder	uint8	只读			0	标定方向标记
0X301e	iqf	float	只读			0	iq 滤波值，A
0X301f	boardTemp	int16	只读			359	板上温度，*10
0X3020	iq	float	只读			0	iq 原值，A
0X3021	id	float	只读			0	id 原值，A
0X3022	faultSta	uint32	只读			0	故障状态值
0X3023	warnSta	uint32	只读			0	警告状态值
0X3024	drv_fault	uint16	只读			0	驱动芯片故障值
0X3025	drv_temp	int16	只读			48	驱动芯片温度值，度
0X3026	Uq	float	只读			0	q 轴电压
0X302	Ud	float	只			0	d 轴电压

7			读				
0X3028	dtc_u	float	只读			0	U 相输出占空比
0X3029	dtc_v	float	只读			0	V 相输出占空比
0X302a	dtc_w	float	只读			0	W 相输出占空比
0X302b	v_bus	float	只读			24.195	闭环中 vbus
0X302c	v_ref	float	只读			0	闭环 vq,vd 合成电压
0X302d	torque_fdb	float	只读			0	转矩反馈值，nm
0X302e	rated_i	float	只读			8	电机额定电流
0X302f	limit_i	float	只读			27	电机限制最大电流

3.3.4 示波器

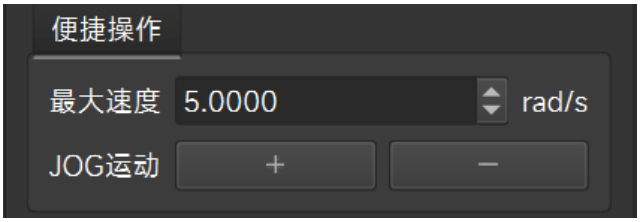
该界面支持观看观察实时数据所生成的图谱，可观测的数据包括电机 Id/Iq 电流、温度、输出端实时转速、转子（编码器）位置、输出端位置等。

点击分析模块中的示波器模块，信道内选定合适的参数（参数含义可参考 3.3.3），设置输出频率后点击开始绘图即可观测数据图谱，停止绘图即可停止观测图谱。



3.4 控制演示

jog 运行：
设置最大速度，点击运行后，点击 JOG 运行即可让电机正反运行



控制模式切换：
在运动模式界面可以进行电机控制模式的转换

3.4.1 零点模式

点击右侧开关按钮，电机会缓慢回到机械零位位置

3.4.2 运控模式

点击右侧开关按钮，然后设置五个参数值，点击开始或连续发送，电机将返回反馈帧并按目标指令运行；再次点击右侧开关按钮，电机将停机。

3.4.2 电流模式

手动切换电流模式，点击右侧开关按钮，然后设置 Iq 电流指令值，开始或连续发送，电机将跟随电流指令运行，再次点击右侧开关按钮，电机将停机。

点击控制模式右侧开关按钮，输入正弦化自动测试的幅值和频率，然后点击正弦化自动测试右侧开关按钮，电机的 iq（A）会按设定的幅值和频率来运行。

3.4.3 速度模式

手动切速度模式，点击右侧开关按钮，然后设置速度指令值（-30~30rad/s），开始或连续发送，电机将跟随速度指令运行，再次点击右侧开关按钮，电机将停机。

点击控制模式右侧开关按钮，输入正弦化自动测试的幅值和频率，然后点击正弦化自动测试右侧开关按钮，电机的速度（rad/s）会按设定的幅值和频率来运行。

3.4.4 位置模式

手动切换位置模式，点击右侧开关按钮，然后设置位置指令值（rad），开始或连续发送，电机将跟随目标位置指令运行，再次点击右侧开关按钮，电机将停机。可通过设置速度，修改位置跟随的最大速度。

点击控制模式右侧开关按钮，输入正弦化自动测试的幅值和频率，然后点击正弦化自动测试右侧开关按钮，电机的位置（rad）会按设定的幅值和频率来运行。

3.5 固件更新

第一步，点击设备模块的升级，选择待烧录 bin 文件；第二步，确认升级，电机开始更新固件，进度完成后，电机更新完成，自动重启。

4 驱动器通信协议及使用说明

电机通信为 CAN 2.0 通信接口，波特率 1Mbps，采用扩展帧格式，如下所示：

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	通信类型	数据区 2	目标地址	数据区 1

电机支持的控制模式包括：
运控模式：给定电机运控 5 个参数；
电流模式：给定电机指定的 Iq 电流；
速度模式：给定电机指定的运行速度；
位置模式：给定电机指定的位置，电机将运行到该指定的位置；

4.1 通信协议类型说明

4.1.1 获取设备 ID （通信类型 0）；获取设备的 ID 和 64 位 MCU 唯一标识符

数据域	29 位 ID		8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	0	bit15~8: 用来标识主机 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	0

应答帧：

数据域	29 位 ID		8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	0	目标电机 CAN_ID	0XFE	64 位 MCU 唯一标识符

4.1.2 运控模式电机控制指令 （通信类型 1）用来向电机发送控制指令

数据域	29 位 ID		8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	1	Byte2:力矩 (0~65535) 对应 （-12Nm~12Nm）	目标电机 CAN _ID	Byte0~1: 目标角度[0~65535] 对应(-4π~4π) Byte2~3: 目标角速度 [0~65535]对应 (-30rad/s~30rad/s) Byte4~5：Kp [0~65535]对应 (0.0~500.0) Byte6~7：Kd [0~65535]对应 (0.0~5.0)

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

4.1.3 电机反馈数据 （通信类型 2） 用来向主机反馈电机运行状态

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	2	Bit8~Bit15:当前电机 CAN ID bit21~16:故障信息（0 无 1 有） bit21: 未标定 bit20: HALL 编码故障 bit19: 磁编码故障 bit18: 过温 bit17: 过流 bit16: 欠压故障 bit22~23:模式状态 0 : Reset 模式[复位] 1 : Cali 模式[标定] 2 : Motor 模式[运行]	主机 CAN_ID	Byte0~1: 当前角度 [0~65535]对应(-4π~4π) Byte2~3: 当前角速度 [0~65535]对应(-30rad/s~30rad/s) Byte4~5:当前力矩 [0~65535]对应（-12Nm~12Nm） Byte6~7:当前温度：Temp(摄氏度）*10

4.1.4 电机使能运行 （通信类型 3）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	3	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

4.1.5 电机停止运行 （通信类型 4）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7

描述	4	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	正常运行时，data 区需清 0; Byte[0]=1 时：清故障;

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

4.1.6 设置电机机械零位（通信类型 6）会把当前电机位置设为机械零位（掉电丢失）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	6	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	Byte[0]=1

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

4.1.7 设置电机 CAN_ID（通信类型 7）更改当前电机 CAN_ID ， 立即生效。

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	7	bit15~8:用来标识主 CAN_ID Bit16~23: 预设置 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	

应答帧：应答电机广播帧(见通信类型 0)

4.1.8 单个参数读取（通信类型 17）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	17	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	Byte0~1: index Byte2~3: 00 Byte4~7: 00

应答帧：

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	17	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	电机 CAN_ID	Byte0~1: index ，参数列表详见 4.1.11 Byte2~3: 00 Byte4~7: 参数数据，1 字节数据在 Byte4

4.1.9 单个参数写入（通信类型 18） （掉电丢失）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	18	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	目标电机 CAN_ID	Byte0~1: index Byte2~3: 00 Byte4~7: .参数数据

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

4.1.10 故障反馈帧（通信类型 21）

数据域	29 位 ID			8Byte 数据区
大小	Bit28~bit24	bit23~8	bit7~0	Byte0~Byte7
描述	21	bit15~8:用来标识主 CAN_ID	电机 CAN_ID	Byte0~3: fault 值(非 0:有故障，0：正常） bit16:A 相电流采样过流 bit15~bit8:过载故障 bit7:编码器未标定 bit5:C 相电流采样过流 bit4:B 相电流采样过流 bit3:过压故障 bit2:欠压故障 bit1:驱动芯片故障 bit0:电机过温故障，默认 80 度 Byte4~7: warning 值

				bit0：电机过温预警，默认 75 度

4.1.11 可读写单个参数列表

参数 index	参数名称	描述	类型	字节数	单位/说明	R/W 读写权限
0X7005	run_mode	0: 运控模式 1: 位置模式 2: 速度模式 3: 电流模式	uint8	1		W/R
0X7006	iq_ref	电流模式 Iq 指令	float	4	-27~27A	W/R
0X700A	spd_ref	转速模式转速指令	float	4	-30~30rad/s	W/R
0X700B	imit_torque	转矩限制	float	4	0~12Nm	W/R
0X7010	cur_kp	电流的 Kp	float	4	默认值 0.125	W/R
0X7011	cur_ki	电流的 Ki	float	4	默认值 0.0158	W/R
0X7014	cur_filt_gain	电流滤波系数 filt_gain	float	4	0~1.0，默认值 0.1	W/R
0X7016	loc_ref	位置模式角度指令	float	4	rad	W/R
0X7017	limit_spd	位置模式速度设置	float	4	0~30rad/s	W/R
0X7018	limit_cur	速度位置模式电流设置	float	4	0~27A	W/R

4.2 控制模式使用说明

4.2.1 程序样例

以下提供各种模式控制电机实例（以 gd32f303 为例）
下面为各种实例调用库，函数与宏定义

```
#define P_MIN -12.5f
#define P_MAX 12.5f
#define V_MIN -30.0f
#define V_MAX 30.0f
#define KP_MIN 0.0f
```

```
#define KP_MAX 500.0f
#define KD_MIN 0.0f
#define KD_MAX 5.0f
#define T_MIN -12.0f
#define T_MAX 12.0f
struct exCanIdInfo{
uint32_t id:8;
uint32_t data:16;
uint32_t mode:5;
uint32_t res:3;
};
can_receive_message_struct rxMsg;
can_trasnmit_message_struct txMsg={
  .tx_sfid = 0,
  .tx_efid = 0xff,
  .tx_ft = CAN_FT_DATA,
  .tx_ff = CAN_FF_EXTENDED,
  .tx_dlen = 8,
};
#define txCanIdEx (((struct exCanIdInfo)&(txMsg.tx_efid)))
#define rxCanIdEx (((struct exCanIdInfo)&(rxMsg.rx_efid))) //将扩展帧
id 解析为自定义数据结构
int float_to_uint(float x, float x_min, float x_max, int bits){
  float span = x_max - x_min;
  float offset = x_min;
  if(x > x_max) x=x_max;
  else if(x < x_min) x= x_min;
  return (int) ((x-offset)*((float)((1<<bits)-1))/span);
}
#define can_txd() can_message_transmit(CAN0, &txMsg)
#define can_rxd() can_message_receive(CAN0, CAN_FIFO1, &rxMsg)
```

下面列举常见的通信类型发送：

1、电机使能运行帧（通信类型 3）

```
    void motor_enable(uint8_t id, uint16_t master_id)
    {
      txCanIdEx.mode = 3;
      txCanIdEx.id = id;
      txCanIdEx.res = 0;
      txCanIdEx.data = master_id;
      txMsg.tx_dlen = 8;
      txCanIdEx.data = 0;
      can_txd();
    }
```

2、运控模式电机控制指令（通信类型 1）

```
void motor_controlmode(uint8_t id, float torque, float MechPosition,
float speed, float kp, float kd)
{
  txCanIdEx.mode = 1;
  txCanIdEx.id = id;
  txCanIdEx.res = 0;
  txCanIdEx.data = float_to_uint(torque,T_MIN,T_MAX,16);
  txMsg.tx_dlen = 8;
  txMsg.tx_data[0]=float_to_uint(MechPosition,P_MIN,P_MAX,16)>>8;
  txMsg.tx_data[1]=float_to_uint(MechPosition,P_MIN,P_MAX,16);
  txMsg.tx_data[2]=float_to_uint(speed,V_MIN,V_MAX,16)>>8;
  txMsg.tx_data[3]=float_to_uint(speed,V_MIN,V_MAX,16);
  txMsg.tx_data[4]=float_to_uint(kp,KP_MIN,KP_MAX,16)>>8;
  txMsg.tx_data[5]=float_to_uint(kp,KP_MIN,KP_MAX,16);
  txMsg.tx_data[6]=float_to_uint(kd,KD_MIN,KD_MAX,16)>>8;
  txMsg.tx_data[7]=float_to_uint(kd,KD_MIN,KD_MAX,16);
  can_txd();
}
```

3、电机停止运行帧（通信类型 4）

```
void motor_reset(uint8_t id, uint16_t master_id)
{
  txCanIdEx.mode = 4;
  txCanIdEx.id = id;
  txCanIdEx.res = 0;
  txCanIdEx.data = master_id;
  txMsg.tx_dlen = 8;
  for(uint8_t i=0;i<8;i++)
  {
    txMsg.tx_data[i]=0;
  }
  can_txd();
}
```

4、电机模式参数写入命令（通信类型 18，运行模式切换）

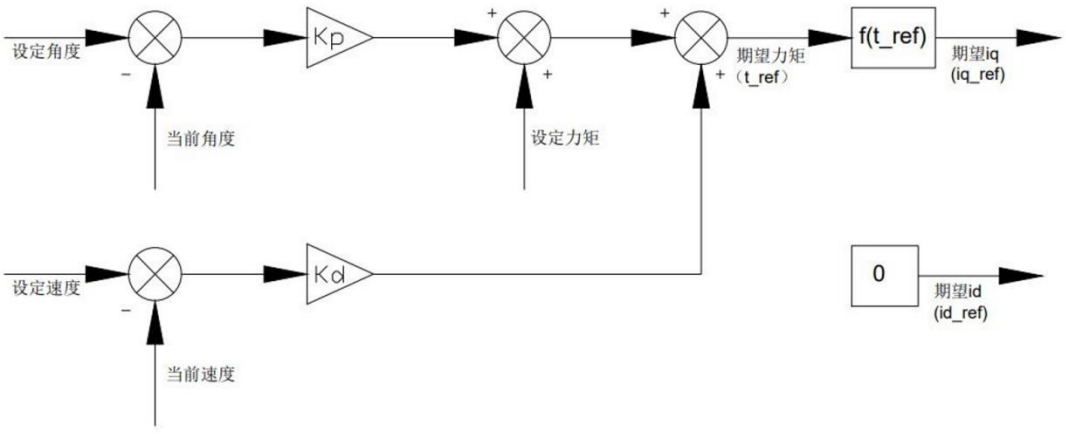
```
uint8_t runmode;
uint16_t index;
void motor_modechange(uint8_t id, uint16_t master_id)
{
  txCanIdEx.mode = 0x12;
  txCanIdEx.id = id;
  txCanIdEx.res = 0;
  txCanIdEx.data = master_id;
  txMsg.tx_dlen = 8;
  for(uint8_t i=0;i<8;i++)
  {
```

```
    txMsg.tx_data[i]=0;
  }
  memcpy(&txMsg.tx_data[0],&index,2);
  memcpy(&txMsg.tx_data[4],&runmode, 1);
  can_txd();
}
```

5、电机模式参数写入命令（通信类型 18，控制参数写入）

```
uint16_t index;
float ref;
void motor_write(uint8_t id, uint16_t master_id)
{
  txCanIdEx.mode = 0x12;
  txCanIdEx.id = id;
  txCanIdEx.res = 0;
  txCanIdEx.data = master_id;
  txMsg.tx_dlen = 8;
  for(uint8_t i=0;i<8;i++)
  {
    txMsg.tx_data[i]=0;
  }
  memcpy(&txMsg.tx_data[0],&index,2);
  memcpy(&txMsg.tx_data[4],&ref,4);
  can_txd();
}
```

4.2.2 运控模式



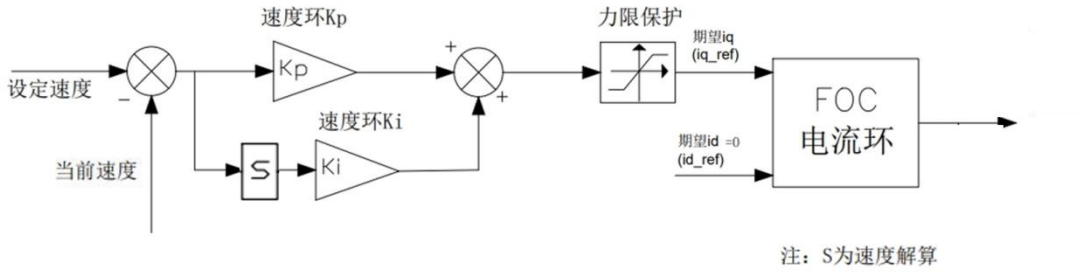
电机上电后默认处于运控模式；

发送电机使能运行帧(通信类型 3)-->发送运控模式电机控制指令(通信类型 1)-->收到电机反馈帧（通信类型 2）--> 发送电机停止运行帧（通信类型 4）

4.2.3 电流模式

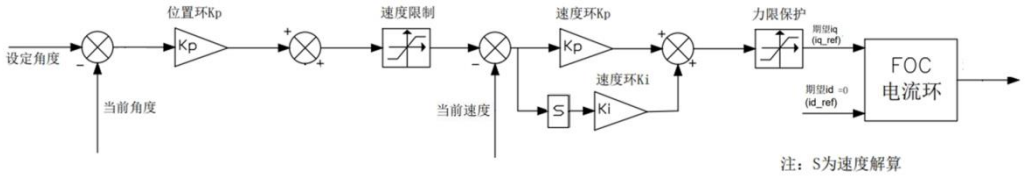
发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 3 ---> 发送电机使能运行帧（通信类型 3）--> 发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 iq_ref 参数为预设电流指令--> 发送电机停止运行帧（通信类型 4）

4.2.4 速度模式



发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 2 ---> 发送电机使能运行帧（通信类型 3）--> 发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 spd_ref 参数为预设速度指令--> 发送电机停止运行帧（通信类型 4）

4.2.5 位置模式



发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 1 --> 发送电机使能运行帧（通信类型 3）--> 发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 limit_spd 参数为预设最大速度指令-->发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 loc_ref 参数为预设位置指令--> 发送电机停止运行帧（通信类型 4）