



ROBSTRIDE 00
准直驱 14N.M 一体化电机模组
使用手册

北京市灵足时代科技有限公司
<https://www.robstride.com/>

RS00 使用说明书

注意事项

1. 请按照本文规定的工作参数使用，否则可能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。本手册由北京灵足时代科技有限公司（以下简称灵足）出版，灵足随时可能对本手册中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。此类更改将上传电子版说明书到公司官网，详情可查看下载中心栏（www.robstride.com）。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
 - a. 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。
 - b. 本产品保修期为1年。
 - c. 自用户签收次日起7天内，发生非人为损坏性能故障，经由灵足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。
 - d. 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，经由灵足

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。

- e. 自用户签收次日起 15 天后至 365 天内，经由灵足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。更换的故障产品归灵足公司所有。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。
- 2. 非保修条例以下情况不属于保修范围：
 - a. 超出保修条款所限定的保修期限。
 - b. 未按照说明书要求，错误使用造成的产品损坏损毁。
 - c. 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。
 - d. 非质量故障引起的常规机械损耗、磨损。
 - e. 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。
 - f. 天灾（如水灾、火灾、雷击、地震等）或不可抗力造成的损坏。
 - g. 超过峰值扭矩使用造成的损坏。
 - h. 超过峰值扭矩使用造成的损坏。
 - i. 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。
- 3. 如果出现上述情况，用户需自行支付费用。

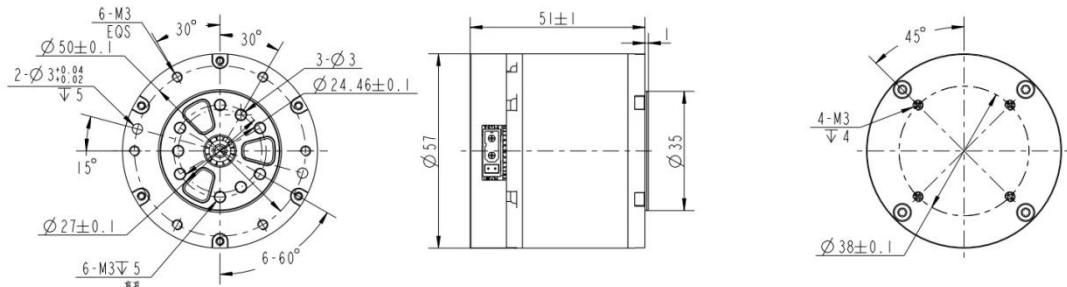
目录

| | |
|--|----|
| 注意事项 | 2 |
| 法律声明 | 2 |
| 售后政策 | 2 |
| 1. 电机规格参数 | 6 |
| 1.1. 外形及安装尺寸 | 6 |
| 1.2. 标准使用状态 | 6 |
| 1.3. 电气特性 | 6 |
| 2. 驱动器产品信息 | 10 |
| 2.1. 驱动器产品规格 | 10 |
| 2.2. 驱动器接口定义 | 10 |
| 2.3. 驱动器接口推荐品牌及型号 | 10 |
| 3. 上位机使用说明 | 11 |
| 3.1. 硬件配置 | 11 |
| 3.2. 上位机界面及说明 | 11 |
| 3.3. 电机设置 | 13 |
| 3.3.1. 电机连接设置 | 13 |
| 3.3.2. 电机配置模块 | 13 |
| 3.3.3. 电机升级模块（升级电机固件时，电机的波特率必须为 1Mbps） | 14 |
| 3.3.4. 电机主界面——参数设置 | 16 |
| 3.3.5. 电机主界面——示波器 | 20 |
| 3.3.6. can 通信故障保护 | 21 |
| 3.3.7. 电机故障说明 | 22 |
| 3.4. 控制演示 | 23 |
| 3.4.1. 运控模式 | 24 |
| 3.4.2. 电流模式 | 25 |
| 3.4.3. 速度模式 | 27 |
| 3.4.4. 位置模式（PP） | 28 |
| 3.4.5. 位置模式（CSP） | 29 |
| 4. 驱动器私有协议及使用说明 | 31 |
| 4.1. 通信协议类型说明 | 31 |
| 通信类型 0：获取设备 ID | 31 |
| 通信类型 1：运控模式电机控制指令 | 31 |
| 通信类型 2：电机反馈数据 | 32 |
| 通信类型 3：电机使能运行 | 32 |
| 通信类型 4：电机停止运行 | 33 |
| 通信类型 6：设置电机机械零位 | 33 |
| 通信类型 7：设置电机 CAN_ID | 33 |
| 通信类型 17：单个参数读取 | 33 |
| 通信类型 18：单个参数写入（掉电丢失） | 34 |
| 通信类型 21：故障反馈帧 | 34 |
| 通信类型 22：电机数据保存帧（保存当前所有可存储变量，0.0.3.0 后为该协议） | 35 |
| 通信类型 23：电机波特率修改帧（重新上电生效，0.0.3.0 后为该协议） | 35 |
| 通信类型 24：电机主动上报帧（0.0.3.0 后为该协议） | 36 |
| 通信类型 25：电机协议修改帧 | 36 |
| 通信类型 26：版本号读取帧 | 37 |
| 读取示例： | 38 |
| 4.2. 电机部分功能说明（如无以下功能，请访问官网 git 升级最新版本） | 39 |
| 4.2.1. 主动上报说明 | 39 |
| 4.2.2. 零点标志位说明 | 39 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3. 类型 2 变更说明 | 39 |
| 4.2.4. 协议切换说明（需要配合 can 盒操作） | 39 |
| 4.2.5. 电机的关机后反驱保护可设置是否取消 | 39 |
| 4.2.6. csp 和运控模式下可以标零， pp 模式标零会屏蔽掉 | 39 |
| 4.2.7. 增加位置偏置，如果偏置填 1，则以当前零点加 1 为零点 | 40 |
| 4.2.8. 电机 canopenid 与 canid 保持一致 | 40 |
| 4.3. 控制模式使用说明 | 40 |
| 4.3.1. 运控模式 | 40 |
| 4.3.2. 电流模式 | 41 |
| 4.3.3. 速度模式 | 41 |
| 4.3.4. 位置模式（CSP） | 41 |
| 4.3.5. 位置模式（PP） | 41 |
| 4.3.6. 停止运行 | 42 |
| 4.4. 程序样例 | 42 |
| 4.4.1. 电机使能运行帧（通信类型 3） | 44 |
| 4.4.2. 运控模式电机控制指令（通信类型 1） | 44 |
| 4.4.3. 电机停止运行帧（通信类型 4） | 45 |
| 4.4.4. 电机模式参数写入命令（通信类型 18，运行模式切换） | 45 |
| 4.4.5. 电机模式参数写入命令（通信类型 18，控制参数写入） | 46 |
| 5. Canopen 通信协议类型说明 | 48 |
| 5.1. CanOpen 通信介绍 | 48 |
| 5.2. CANOpen 协议报文分类 | 48 |
| 5.3. 状态机说明 | 49 |
| 5.4. 状态反馈参数 | 50 |
| 5.5. 归零模式（设置零位） | 50 |
| 5.6. 位置模式（PP） | 50 |
| 5.7. 位置模式（CSP） | 51 |
| 5.8. 速度模式 | 51 |
| 5.9. 力矩模式 | 52 |
| 5.10. 协议切换帧（扩展帧）：切换电机协议，重新上电生效 | 52 |
| 6. MIT 通信协议类型说明 | 53 |
| 应答指令 1： | 53 |
| 应答指令 2： | 53 |
| 指令 1：电机使能运行 | 53 |
| 指令 2：电机停止运行 | 54 |
| 指令 3：电机 MIT 动态参数 | 54 |
| 指令 4：设置零点（非位置模式） | 54 |
| 指令 5：清除错误及读取异常状态 | 54 |
| 异常状态应答帧 | 55 |
| 指令 6：设置运行模式 | 55 |
| 指令 7：修改电机 CANID | 55 |
| 指令 8：修改电机协议：切换电机协议，重新上电生效 | 56 |
| 指令 9：修改主机 canid | 56 |
| 指令 10：位置模式控制指令 | 56 |
| 指令 11：速度模式控制指令 | 56 |
| 运控模式 | 57 |
| 速度模式 | 57 |
| 位置模式（CSP） | 57 |
| 7. 版本历史 | 58 |

1. 电机规格参数

1.1. 外形及安装尺寸



固定时螺丝深入长度请勿超过机壳螺纹深度

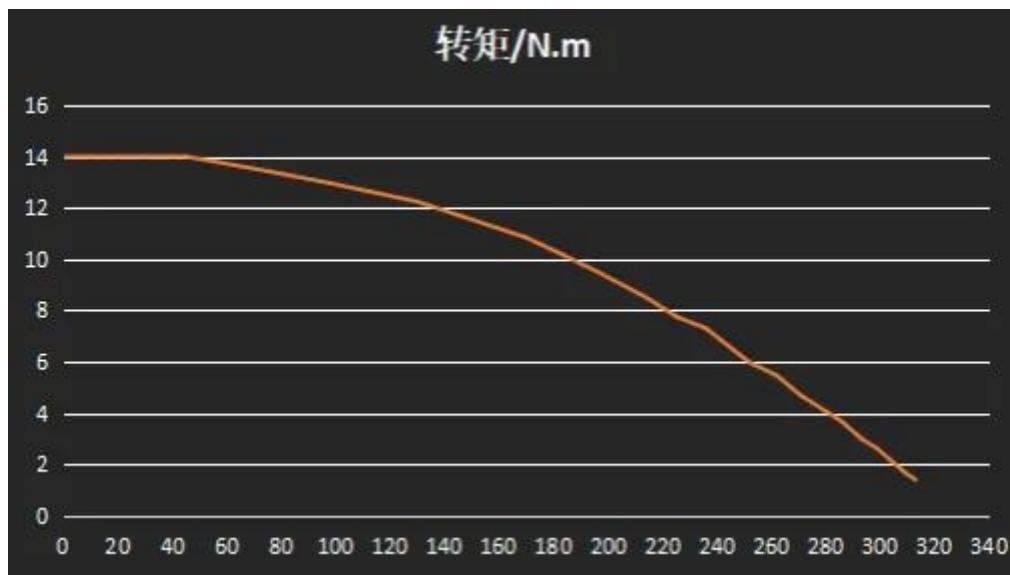
1.2. 标准使用状态

1. 额定电压: 48 VDC
2. 使用电压范围: 24V—60 VDC
3. 额定负载 (CW) : 5 N.m
4. 运转方向: CW/CCW 从出轴方向看
5. 使用姿势: 出轴方向为水平或者垂直
6. 标准使用温度: 25±5°C
7. 使用温度范围: -20~50°C
8. 标准使用湿度: 65%
9. 使用湿度范围: 5~85%, 无凝露
10. 保存温度范围: -30~70°C
11. 绝缘等级: Class B

1.3. 电气特性

1. 空载转速: 315 rpm±10%
2. 空载电流: 0.5 Arms
3. 额定负载: 5 N.m
4. 额定负载转速: 100rpm±10%
5. 额定负载相电流(峰值): 4.7Apk±10%
6. 峰值负载: 14 N.m
7. 最大负载相电流(峰值): 15.5Apk±10%
8. 绝缘电阻/定子绕组: DC 500VAC, 100M Ohms

9. 耐高压/定子与机壳: 600 VAC, 1s, 2mA
10. 电机反电势: 9.5Vrms/kRPM±10%
11. 转矩常数 (有效值) : 1.48N.m/Arms
12. T-N 曲线 (48V)

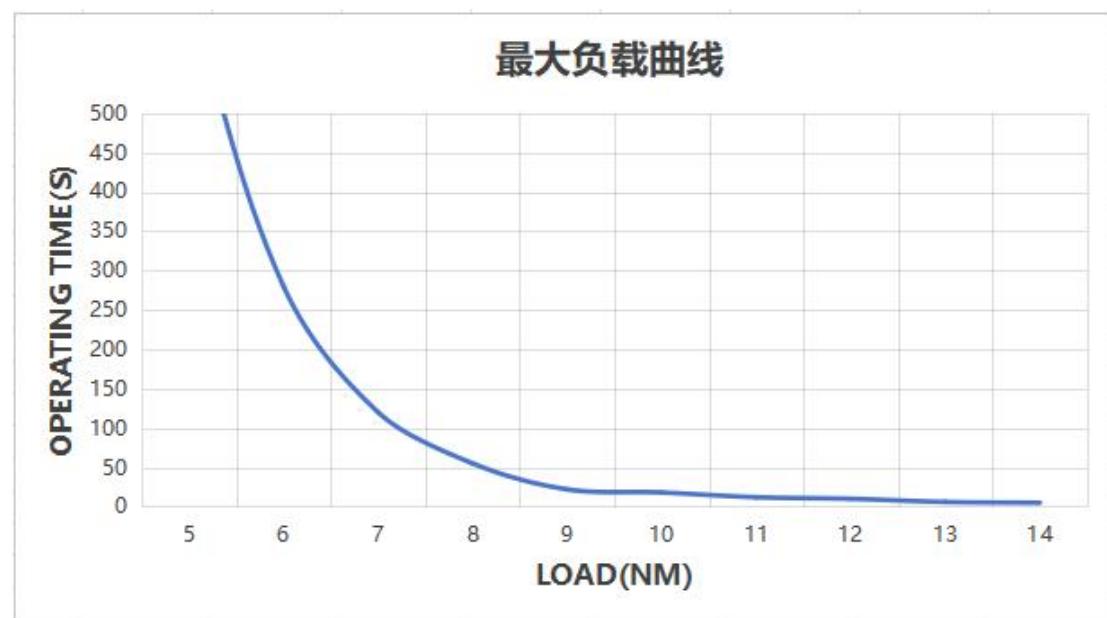


13. 最大过载曲线

测试条件: 环境温度: 25°C

绕阻极限温度: 145°C (此为约束温度, 实际为 180 度)

转速: 24rpm



测试数据

| Load | Operating time (s) |
|------|--------------------|
| 14 | 5 |
| 13 | 6 |
| 12 | 10 |
| 11 | 12 |
| 10 | 18 |
| 9 | 22 |
| 8 | 55 |
| 7 | 120 |
| 6 | 280 |
| 5 | rated |

14. 电机热保护

(1) 电机热保护逻辑

逻辑 1：通过检测电机的热敏温度来判定绕组温度

启动工况：电机旋转工况，三相发热均匀

逻辑 2：通过电机相电流和电机热敏温度实时计算单相的绕组温度，此时当电机进入堵转后三相发热不均匀，会根据电流内部计算各相温度，当计算的温度达到热阀值即触发保护

PS：堵转工况下，单相的发热是旋转工况的 1.414 倍，时间缩短比较明显

启动工况：电机堵转工况，三相发热不均匀

热测试

测试条件：

散热板大小 90mm×85mm

环境温度：25°C

绕组保护温度：145°C

测试工况 1：电机旋转 100rpm，监控电机热敏温度，记录电机热敏温度从 25 度到 145 度的时间

| Load | Operating time (s) |
|------|--------------------|
| 14 | 5 |
| 13 | 6 |
| 12 | 10 |
| 11 | 12 |
| 10 | 18 |
| 9 | 22 |
| 8 | 55 |
| 7 | 120 |
| 6 | 280 |
| 5 | rated |

电机堵转工况 2：根据电流公式，堵转的相电流均值近似旋转的 1.414 倍，得到堵转的过载时间表格

| Loat | Operating time (s) |
|------|--------------------|
| 14 | 1.5 |
| 13 | 1.5 |
| 12 | 2 |
| 11 | 3 |
| 10 | 5 |
| 9 | 9 |
| 8 | 16 |
| 7 | 43 |
| 6 | 74 |
| 5 | rated |

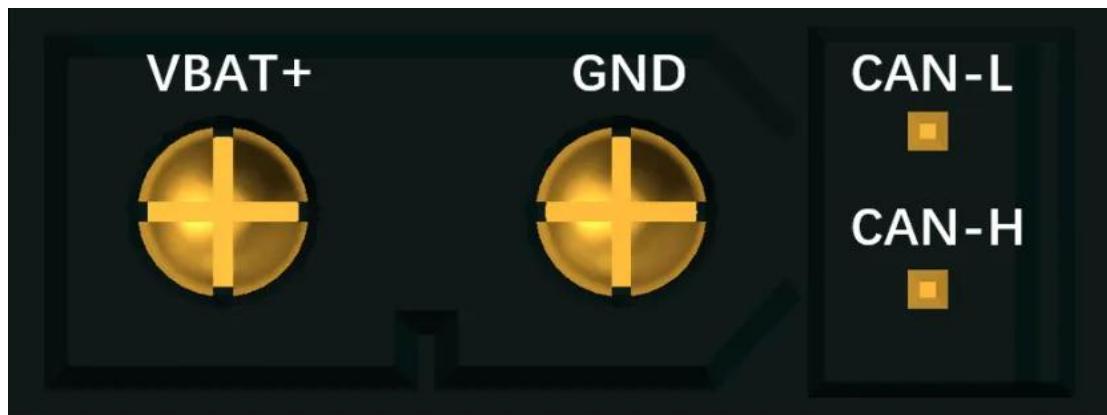
2. 重量: 310g±3g
2. 极数: 28 极
3. 相数: 3 相
4. 驱动方式: FOC
5. 减速比: 10: 1

2. 驱动器产品信息

2.1. 驱动器产品规格

| 项目 | 数据 |
|-----------|---------------|
| 额定工作电压 | 48VDC |
| 允许最大电压 | 60VDC |
| 额定工作相电流 | 4.7Apk |
| 最大允许相电流 | 15.5Apk |
| 待机功率 | ≤18mA |
| CAN 总线比特率 | 1Mbps |
| 尺寸 | Φ57mm |
| 工作环境温度 | -20°C 至 50°C |
| 控制板允许最大温度 | 145°C |
| 编码器分辨率 | 14bit (单圈绝对值) |

2.2. 驱动器接口定义



2.3. 驱动器接口推荐品牌及型号

| 板端型号 | 品牌厂家 | 线端型号 | 品牌厂家 |
|---------------------|-------------|-------------------|-------------|
| XT30PB(2+2)-M. G. B | AMASS (艾迈斯) | XT30(2+2)-F. G. B | AMASS (艾迈斯) |

3. 上位机使用说明

请前往 www.robstride.com 官网下载中心下载

3.1. 硬件配置

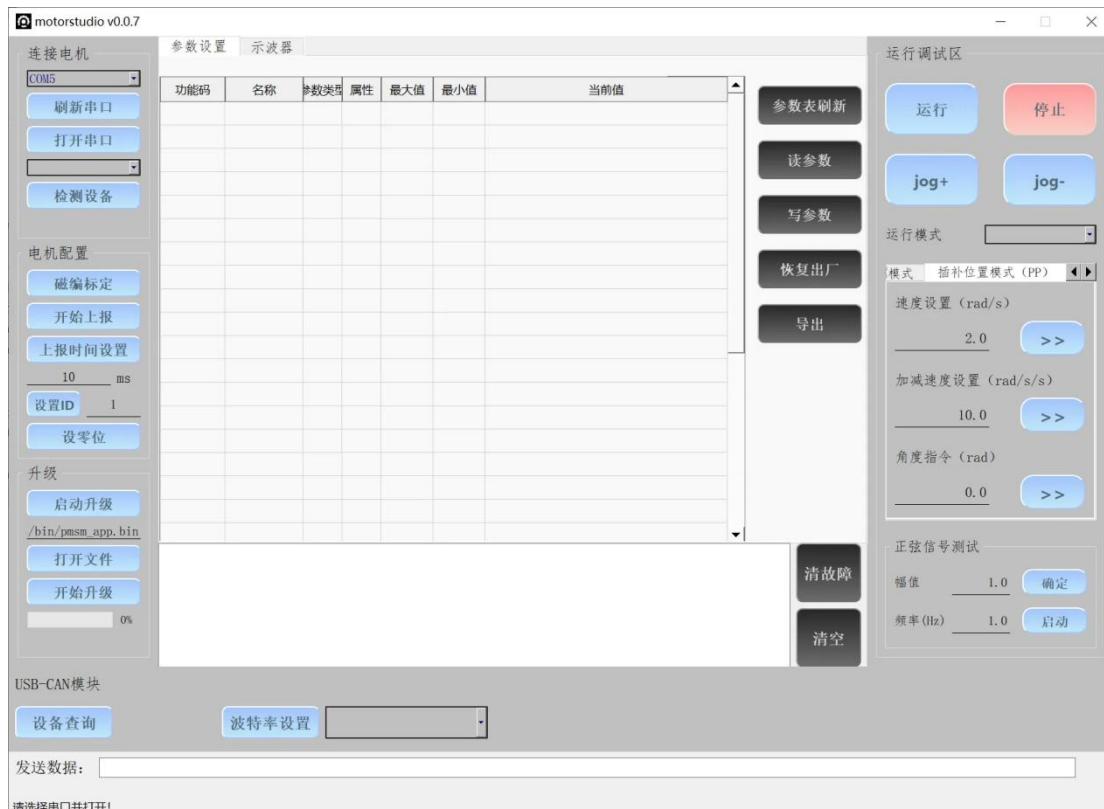
关节电机采用 CAN 通信方式，通信线有两根，通过 can 转 USB 工具与调试器相连，调试器需要提前安装 ch340 驱动，默认工作在 AT 模式。

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 工具推荐使用灵足时代官方的 USB-CAN 模块，对应串口协议的帧头为 41 54，帧尾为 0D 0A。

在使用 CAN 转 USB 模块时，请注意模块上方拨码开关的设置：当拨码开关 1 置于 ON 位置时，模块将进入 Boot 模式，此时无法与上位机建立连接；当拨码开关 2 置于 ON 位置时，模块端口会接入 120Ω 终端电阻，从而支持与上位机正常通信。

3.2. 上位机界面及说明



主要包括：

A. 电机连接模块

- 刷新串口
- 打开串口

- 检测设备
- B. 电机配置模块
 - 启动升级
 - 打开文件
 - 开始升级
 - 修改电机 CAN ID
 - 设置电机的机械零位
- C. 电机升级模块
 - 磁编标定
 - 电机主动上报开关
 - 电机主动上报时间设置
 - 修改电机 CAN ID
 - 设置电机的机械零位
- D. 电机主界面
 - 参数设置
 - 电机示波器
- E. 运行调试区
 - 参数调试按键
 - 电机模式配置及参数修改
 - 正弦信号测试

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），点击刷新串口，打开串口，点击检测设备即可检测到对应电机，下方绿色小字为电机类型

3.3.2. 电机配置模块



1. 电机磁编标定，电机板与电机重新安装，或电机三相线重新换顺序连接等，需要重新进行磁编标定。
2. 电机主动上报，点击开始上报电机即主动上报通信类型 2，下方可设置时间间隔

隔，最小 10ms。

3. 设置 ID，设置电机的 CANID。
4. 设置零位，设置当前位置为 0。

3.3.3. 电机升级模块（升级电机固件时，电机的波特率必须为 1Mbps）

1. 点击打开文件，选中升级固件，固件名中的 rs-0x 即为选中的电机类型



2. 点击启动升级，电机进入升级准备阶段



3. 当弹出绿色小字“设备已进入升级模式”，即可点击开始升级



4. 当弹出绿色小字“升级成功”，升级即完成



当绿色进度条升一半卡住，可点击停止升级，或重新上电重新进入升级流程，电机内部程序在升级失败后不会丢失，再次升级前请检查通信环境是否良好

3.3.4. 电机主界面——参数设置

参数设置 示波器

更新参数表成功！

| 功能码 | 名称 | 参数类型 | 属性 | 最大值 | 最小值 | 当前值 | ▲ |
|--------|-----------------|--------|-----|-------|-----|----------------|---|
| 0X0000 | Name | String | 读/写 | | | ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ | |
| 0X0001 | BarCode | String | 读/写 | | | ÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿÿ | |
| 0X1000 | BootCodeVersion | String | 只读 | | | V | |
| 0X1001 | BootBuildDate | String | 只读 | | | Mar 26 2024 | |
| 0X1002 | BootBuildTime | String | 只读 | | | 07:59:25 | |
| 0X1003 | ppCodeVersion | String | 只读 | | | 0.4.1.3 | |
| 0X1004 | appGitVersion | String | 只读 | | | V | |
| 0X1005 | AppBuildDate | String | 只读 | | | Feb 24 2025 | |
| 0X1006 | AppBuildTime | String | 只读 | | | 19:29:09 | |
| 0X1007 | AppCodeName | String | 只读 | | | motor | |
| 0X2000 | echoPara1 | uint8 | 配置 | 103 | 5 | 64 | |
| 0X2001 | echoPara2 | uint8 | 配置 | 103 | 5 | 5 | |
| 0X2002 | echoPara3 | uint8 | 配置 | 103 | 5 | 5 | |
| 0X2003 | echoPara4 | uint8 | 配置 | 103 | 5 | 5 | |
| 0X2004 | echoFrellz | uint8 | 读/写 | 10000 | 1 | 100 | |
| 0X2005 | MechOffset | float | 读/写 | 50 | -50 | 0.000000 | |
| 0X2006 | chasu_offset | float | 读/写 | 50 | -50 | 0.000000 | |
| 0X2007 | status1 | float | 设定 | 10 | -10 | 0.000000 | |
| 0X2008 | I_FW_MAX | float | 读/写 | 33 | 0 | 0.000000 | ▼ |

参数表刷新
读参数
写参数
恢复出厂
导出
打开多设备连接

成功连接电机后，

1. 点击参数表刷新，上方会显示更新参数表成功，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。
2. 点击读参数可以将电机中的参数上传到调试器中，电机浅蓝色参数为观测参数，为采集得到的参数，可进行实时观测。
3. 点击写参数可以将调试器中参数下载到电机中，
4. 点击恢复出厂，最新的固件下电机恢复默认值参数
5. 点击导出，会将电机现有参数表内参数导出
6. 点击打开多设备连接，上位机即可连接多台电机，需注意的是，因为不同类型电机参数接口有差异，所以多设备连接仅可用于升级，升完级调试电机需关闭多设备连接重新搜索电机

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。

| 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 | | | ÿÿÿÿÿÿ | |
| 0X0001 | BarCode | String | 读/写 | | | ÿÿÿÿÿÿ | |
| 0X1000 | BootCodeVersion | String | 只读 | | | 0.1.5 | |
| 0X1001 | BootBuildDate | String | 只读 | | | Mar 16 2022 | |
| 0X1002 | BootBuildTime | String | 只读 | | | 20:22:09 | |

| 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 |
|--------|--------------------|--------|-----|---------|------|--------------|----------------|
| 0X1003 | AppCodeVersion | String | 只读 | | | 0.0.0.1 | 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 | | | Lingzu_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/写 | 50 | -50 | 4.52 | 保留参数 |
| 0X2007 | limit_torque | float | 读/写 | 17 | 0 | 17 | 转矩限制 |
| 0X2008 | I_FW_MAX | float | 读/写 | 33 | 0 | 0 | 弱磁电流值, 默认 0 |
| 0X2009 | motor_baud | uint8 | 设定 | 20 | 0 | 1 | 电机波特率标志位 |
| 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 | status2 | int16 | 读/写 | 1500 | 0 | 800 | 保留参数 |
| 0X200e | status3 | uint32 | 读/写 | 1000000 | 1000 | 20000 | 保留参数 |
| 0X200f | status1 | float | 读/写 | 64 | 1 | 7.75 | 保留参数 |
| 0X2010 | Status6 | uint8 | 读/写 | 1 | 0 | 1 | 保留参数 |
| 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 | 位置模式速度限制 |
| 0X2019 | limit_cur | float | 读/写 | 23 | 0 | 23 | 位置、速度模式 电流限制 |
| 0X201a | loc_ref_filt_gain | float | 读/写 | 100 | 0 | 0 | 保留参数 |
| 0X201b | limit_loc | float | 读/写 | 100 | 0 | 0 | 保留参数 |
| 0X201c | position_offset | float | 读/写 | 27 | 0 | 0 | 高速段偏置 |
| 0X201d | chasu_angle_offset | float | 读/写 | 27 | 0 | 0 | 低速端偏置 |
| 0X201e | spd_step_value | float | 读/写 | 150 | 0 | | 速度模式加速度 |
| 0X201f | vel_max | float | 读/写 | 20 | 0 | | PP 模式速度 |
| 0X2020 | acc_set | float | 读/写 | 1000 | 0 | | PP 模式加速度 |

| 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 |
|--------|------------|--------|-----|-----|-----|----------|------------------|
| 0X2021 | zero_sta | float | 读/写 | 100 | 0 | 0 | 零点标志位 |
| 0x2022 | protocol_1 | uint8 | 读/写 | | | 0 | 协议标志位 |
| 0x2023 | damper | uint8 | 读/写 | 0 | 20 | 0 | 阻尼开关 |
| 0x2024 | add_offset | float | 读/写 | -7 | 7 | 0 | 位置偏置参数 |
| 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 | adc10ffset | int32 | 只读 | | | 2084 | adc 采样通道 1 零电流偏置 |
| 0X3009 | adc20ffset | 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 | | | 36 | 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 | timeout | uint32 | 只读 | | | 31600 | 超时计数器值 |
| 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 |

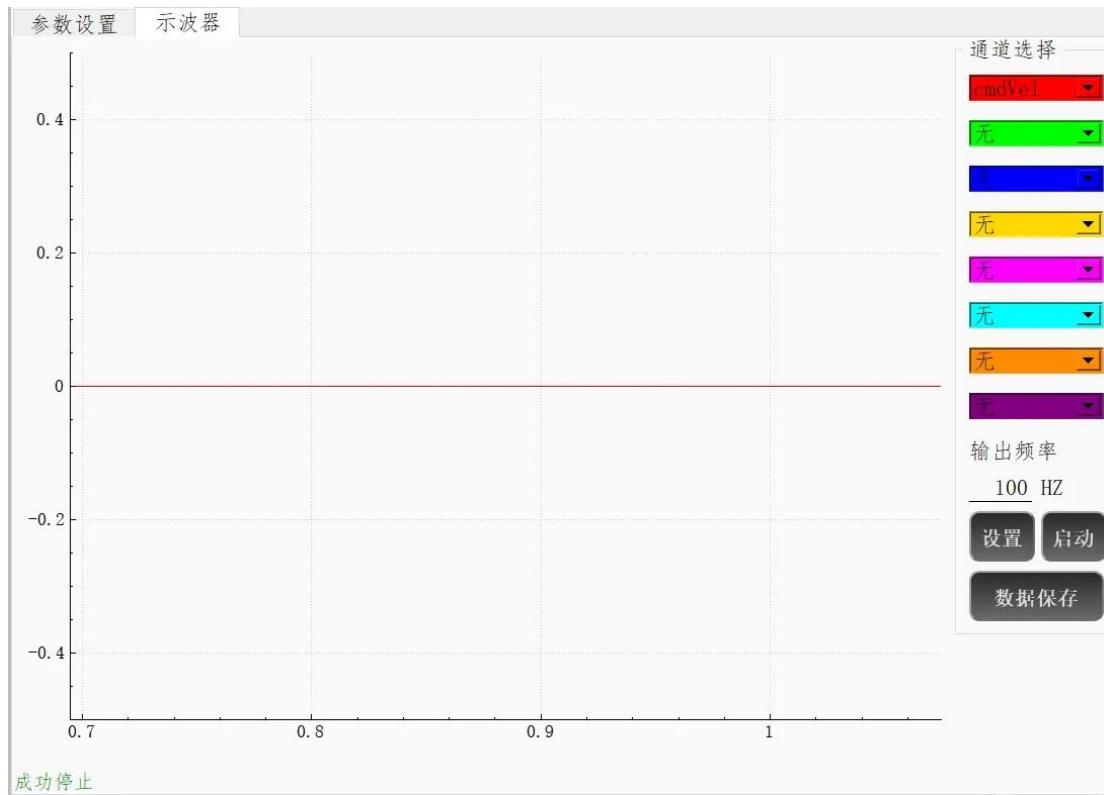
| 功能码 | 名称 | 参数类型 | 属性 | 最大值 | 最小值 | 当前值(供参考) | 备注 |
|--------|-------------------|--------|----|-----|-----|-----------|-----------|
| 0X3023 | warnSta | uint32 | 只读 | | | 0 | 警告状态值 |
| 0X3024 | drv_fault | uint16 | 只读 | | | 0 | 驱动芯片故障值 1 |
| 0X3025 | drv_temp | int16 | 只读 | | | 48 | 驱动芯片故障值 2 |
| 0X3026 | Uq | float | 只读 | | | 0 | q 轴电压 |
| 0X3027 | Ud | float | 只读 | | | 0 | d 轴电压 |
| 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 | torque_fdb | float | 只读 | | | 0 | 转矩反馈值, nm |
| 0X302d | rated_i | float | 只读 | | | 8 | 电机额定电流 |
| 0X302e | limit_i | float | 只读 | | | 27 | 电机限制最大电流 |
| 0X302f | spd_ref | float | 只读 | | | 0 | 电机速度期望 |
| 0X3030 | spd_reff | float | 只读 | | | 0 | 电机速度期望 2 |
| 0X3031 | zero_fault | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3032 | chasu_coder_raw | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3033 | chasu_angle | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3034 | as_angle | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3035 | vel_max | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3036 | judge | uint8 | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X3037 | position | float | 只读 | | | 0 | 位置值 |
| 0X3038 | chasu_angle_init | float | 只读 | | | -0.002301 | 角度初始化 |
| 0X3039 | chasu_angle_out | float | 只读 | | | -0.23012 | 电机位置判定参数 |
| 0X303a | motormechinit | float | 只读 | | | -0.000383 | 电机位置判定参数 |
| 0X303b | mech_angle_init_2 | float | 只读 | | | -0.000115 | 电机位置判定参数 |
| 0X303c | mech_angle_rotate | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |
| 0X303d | fault1 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X303e | fault2 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X303f | fault3 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3040 | fault4 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3041 | fault5 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3042 | fault6 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3043 | fault7 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3044 | fault8 | uint32 | 只读 | | | 0 | 日志故障 |
| 0X3045 | ElecOffset | float | 只读 | | | 0 | 电角度偏置 |
| 0X3046 | mcOverTemp | int16 | 只读 | | | 0 | 过温阀值 |
| 0X3047 | Kt_Nm/Amp | float | 只读 | | | 0 | 力矩系数 |
| 0X3048 | Tqcali_Type | uint8 | 只读 | | | 0 | 电机类型 |
| 0X3049 | low_position | float | 只读 | | | 0 | 电机位置判定参数 |

| 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 |
|--------|--------------|--------|----|-----|-----|----------|------------------|
| 0X304a | theta_mech_1 | float | 只读 | | | 0 | 类型 2 低速角度 |
| 0X304b | instep | float | 只读 | | | 0 | 电机保护判定参数 |
| 0X304c | adcOffset_1 | int32 | 只读 | | | 2034 | adc 采样通道 1 零电流偏置 |
| 0X304d | adcOffset_2 | int32 | 只读 | | | 2040 | adc 采样通道 2 零电流偏置 |
| 0X304e | pos_cnt1 | uint16 | 只读 | | | 0 | 系统参数 |
| 0X304f | H' | uint8 | 只读 | | | 72 | 系统参数 |

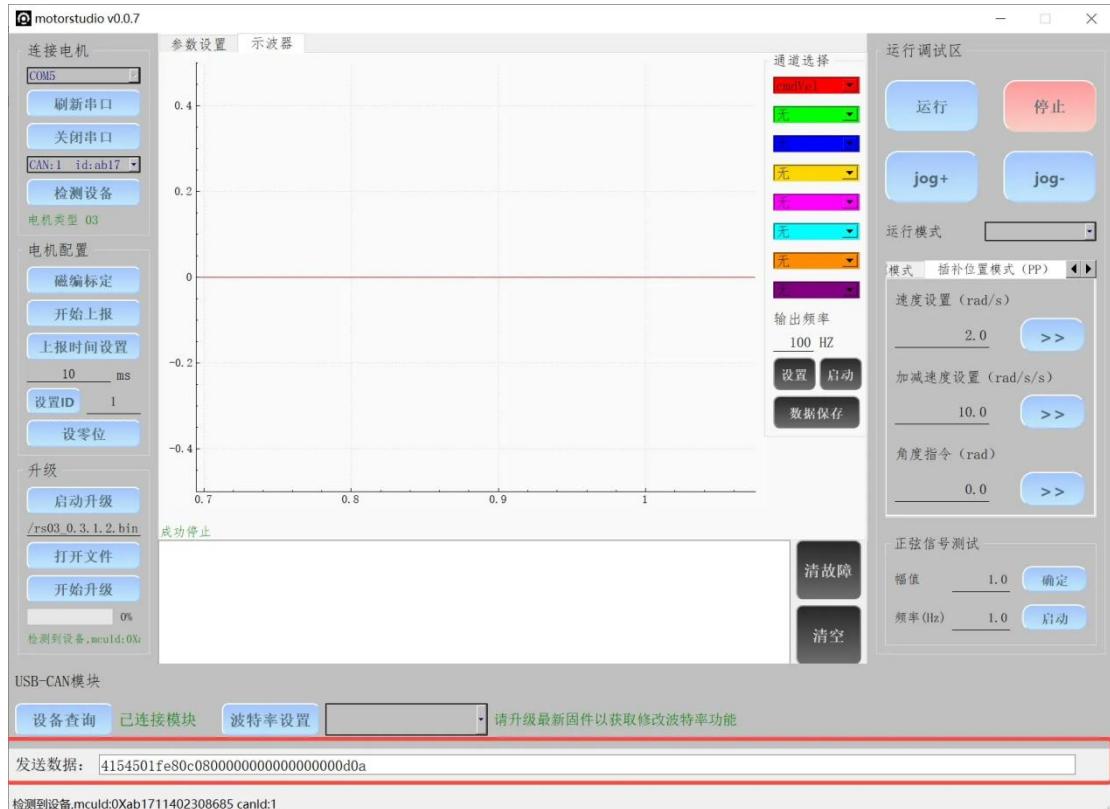
3.3.5. 电机主界面——示波器

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。

参数表刷新后，在示波器模块信道内选定合适的参数（参数含义可参考参数表），设置输出频率后点击启动即可观测数据图谱，停止即可停止观测图谱。



发送的指令在下方的通信指令框



通信框指令示例：

41 54 90 07 e8 0c 08 05 70 00 00 01 00 00 00 0d 0a

含义如下

| | | | | |
|-------|-------------|-------|-------------------------|-------|
| 41 54 | 90 07 e8 0c | 8 | 05 70 00 00 01 00 00 00 | 0d 0a |
| 帧头 | 扩展帧 | 数据位个数 | 数据帧 | 帧尾 |

其中扩展帧 canid 转译为真实 canid 需要经过以下转换：

90 07 e8 0c 转换成二进制为 1001 0000 0000 0111 1110 1000 0000 1100，向右移三位，则为 1 0010 0000 0000 1111 1101 0000 0001，将其转换为 16 进制，为 12 00 FD 01，对照通信协议说明，含义如下：

| 12 (16 进制) | 0 | FD | 1 |
|-----------------|-----|-------|----------|
| 通信类型 18 (10 进制) | 无含义 | 主机 id | 电机 canid |

3.3.6.can 通信故障保护

当 CAN_TIMEOUT 值为 0 时，该功能不启用

当 CAN_TIMEOUT 值为非 0 时，当电机在一定时间段内没收到 can 指令时，电机进入 reset 模式，20000 为 1s

3.3.7. 电机故障说明

功能码 0x3022 为故障码，其中

Bit16: 电机电流故障: A 相电流采样过流

bit14: 电机堵转过载算法保护

Bit9: 位置初始化故障

bit8: 硬件识别故障

bit7: 编码器未标定: 电机未标定编码器

bit5: 电机电流故障: C 相电流采样过流

bit4: 电机电流故障: B 相电流采样过流

bit3: 过压故障: 电机电压超过保护电压 60V

bit2: 欠压故障: 电机电压低于保护电压 12V

bit1: 驱动芯片故障: 电机驱动芯片报故障

bit0: 电机过温故障: 电机热敏电阻温度超过 145 度

功能码 0x3024 为驱动芯片故障码 1，具体故障如下

Table 11. Fault Status Register 1 Field Descriptions

| Bit | Field | Type | Default | Description |
|-----|---------|------|---------|---|
| 10 | FAULT | R | 0b | Logic OR of FAULT status registers. Mirrors nFAULT pin. |
| 9 | VDS_OCP | R | 0b | Indicates VDS monitor overcurrent fault condition |
| 8 | GDF | R | 0b | Indicates gate drive fault condition |
| 7 | UVLO | R | 0b | Indicates undervoltage lockout fault condition |
| 6 | OTSD | R | 0b | Indicates overtemperature shutdown |
| 5 | VDS_HA | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the A high-side MOSFET |
| 4 | VDS_LA | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the A low-side MOSFET |
| 3 | VDS_HB | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the B high-side MOSFET |
| 2 | VDS_LB | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the B low-side MOSFET |
| 1 | VDS_HC | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the C high-side MOSFET |
| 0 | VDS_LC | R | 0b | Indicates VDS overcurrent fault on the C low-side MOSFET |

功能码 0x3025 为驱动芯片故障码 2，具体故障如下

Table 12. Fault Status Register 2 Field Descriptions

| Bit | Field | Type | Default | Description |
|-----|--------|------|---------|--|
| 10 | SA_OC | R | 0b | Indicates overcurrent on phase A sense amplifier (DRV8353xS) |
| 9 | SB_OC | R | 0b | Indicates overcurrent on phase B sense amplifier (DRV8353xS) |
| 8 | SC_OC | R | 0b | Indicates overcurrent on phase C sense amplifier (DRV8353xS) |
| 7 | OTW | R | 0b | Indicates overtemperature warning |
| 6 | GDUV | R | 0b | Indicates VCP charge pump and/or VGLS undervoltage fault condition |
| 5 | VGS_HA | R | 0b | Indicates gate drive fault on the A high-side MOSFET |
| 4 | VGS_LA | R | 0b | Indicates gate drive fault on the A low-side MOSFET |
| 3 | VGS_HB | R | 0b | Indicates gate drive fault on the B high-side MOSFET |
| 2 | VGS_LB | R | 0b | Indicates gate drive fault on the B low-side MOSFET |
| 1 | VGS_HC | R | 0b | Indicates gate drive fault on the C high-side MOSFET |
| 0 | VGS_LC | R | 0b | Indicates gate drive fault on the C low-side MOSFET |

3.4. 控制演示



jog 运行

点击 JOG+/-运行即可让电机正反运行，速度为 1rad/s

控制模式切换

在运行模式右侧指令框中选择需要的控制模式

3.4.1.运控模式



1. 控制模式切换为运控模式
2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 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
4. 点击停止，电机停止运行，终止连续发送指令

3.4.2. 电流模式



1. 控制模式切换为电流模式
2. 电机运行，电机进入 `motor_mode` 模式
3. 设置 Iq 指令 1 (A) 电流指令值，点击右侧>>，电机将跟随电流指令运行
4. 点击停止，电机停止运行



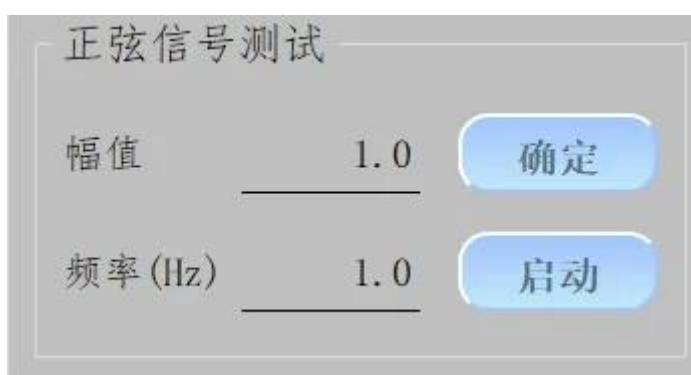
电机电流正弦测试

1. 控制模式切换为电流模式
2. 电机运行，电机进入 `motor_mode` 模式
3. 设置幅值和频率，点击确定，点击启动，对应模式目标指令即按正弦规律规划
4. 点击停止，电机停止运行

3.4.3.速度模式



1. 控制模式切换为速度模式
2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 先设置电流限制（最大相电流），速度步进值（电机加速度），不设置电机即按默认值运行，最后设置速度指令（目标速度），电机将跟随指令运行
4. 点击停止，电机停止运行



电机速度正弦测试

1. 控制模式切换为速度模式
2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 设置幅值和频率，点击确定，点击启动，对应模式目标指令即按正弦规律规划
4. 点击停止，电机停止运行

3.4.4.位置模式 (PP)



1. 控制模式切换为插补位置模式
2. 电机运行，电机进入 `motor_mode` 模式
3. 先设置速度、加速度，不设置电机即按默认值运行，最后设置位置指令（目标位置），电机将跟随指令运行
4. 将速度设为 0，电机即可在当前位置急停，如需继续运行，重新下发速度和位置即可
5. 点击停止，电机停止运行



电机位置正弦测试

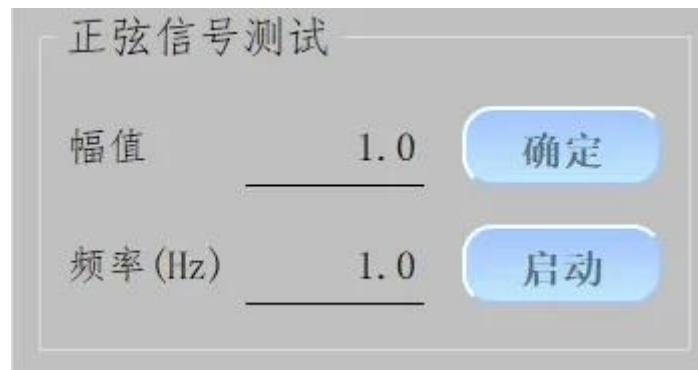
1. 控制模式切换为插补位置模式

2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 设置幅值和频率，点击确定，点击启动，对应模式目标指令即按正弦规律规划
4. 点击停止，电机停止运行

3.4.5.位置模式（CSP）



1. 控制模式切换为位置模式
2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 先设置速度，不设置电机即按默认值运行，最后设置位置指令（目标位置），电机将跟随指令运行
4. 点击停止，电机停止运行



电机位置正弦测试

1. 控制模式切换为位置模式
2. 电机运行，电机进入 motor_mode 模式
3. 设置幅值和频率，点击确定，点击启动，对应模式目标指令即按正弦规律规划
4. 点击停止，电机停止运行

4. 驱动器私有协议及使用说明

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

通信类型 0：获取设备 ID

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 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 0 | 00 FD | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x0 | 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 |
| | 00 | 00 7F | FE | 64 位 MCU 唯一标识符 |
| 描述 | 0x0 | 目标电机 CAN_ID | 0XFE | 64 位 MCU 唯一标识符 |

通信类型 1：运控模式电机控制指令

| 数据域 | 29 位 ID | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|-----------|
|-----|---------|-----------|

| | | | | |
|----|-----------------|--|-------------|--|
| 大小 | Bit28~bit2 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 1 | 00 00 | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x1 | Byte2:力矩 (0~65535) 对应 (-14Nm~14Nm) | 目标电机 CAN_ID | Byte0~1: 目标角度[0~65535]对应(-12.57f~12.57f) Byte2~3: 目标角速度[0~65535]对应(-33rad/s~33rad/s) Byte4~5: Kp [0~65535]对(0.0~500.0) Byte6~7: Kd [0~65535]对应(0.0~5.0) 以上数据转换后高字节在前, 低字节在后 |

应答帧: 应答电机反馈帧(见通信类型 2)

通信类型 2: 电机反馈数据

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-----------------|--|--------------|---|
| 大小 | Bit28~bit2 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 2 | 00 7F | FD | |
| 描述 | 0x2 | Bit8~Bit15:当前电机 CAN ID bit21~16:故障信息 (0 无 1 有) bit21: 未标定 bit20: 堵转过载故障 bit19: 磁编码故障 bit18: 过温 bit17: 三相电流故障 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(-12.57f~12.57f) Byte2~3: 当前角速度 [0~65535]对应(-33rad/s~33rad/s) Byte4~5: 当前力矩 [0~65535]对应(-14Nm~14Nm) Byte6~7: 当前温度: Temp(摄氏度) *10 以上 数据高字节在前, 低字节 在后 |

通信类型 3: 电机使能运行

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-----------------|----------------------|-------------|----------------------------|
| 大小 | Bit28~bit2 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 3 | 00 FD | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x3 | 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)

通信类型 4：电机停止运行

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 2)

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|----------------------|-------------|-----------------------------------|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 4 | 00 FD | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x4 | 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； |

通信类型 6：设置电机机械零位

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|----------------------|-------------|-------------------------|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 6 | 00 FD | 7F | 01 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x6 | 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)

通信类型 7：设置电机 CAN_ID

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 |
| | 7 | 01 FD | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x7 | 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)

通信类型 17：单个参数读取

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|------------|--------|-------------------------|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 11 | 00 FD | 7F | 05 70 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x11 | bit15~8:用来 | 目标电机 | Byte0~1: index, 详见下方可读写 |

| | | | | |
|--|--|------------|--------|--|
| | | 标识主 CAN_ID | CAN_ID | 参数表 Byte2^3: 00 Byte4^7: 00 以上数据低字节在前, 高字节在后 |
|--|--|------------|--------|--|

应答帧:

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|--|-----------|--|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 11 | 00 7F | FD | 05 70 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x11 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID Bit23~16:00 为读取成功 01 为读取失败 | 主机 CAN_ID | Byte0~1: index, 详见下方可读写参数表 Byte2~3: 00 Byte4~7: 参数数据, 1 字节数据在 Byte4 以上数据低字节在前, 高字节在后 |

通信类型 18: 单个参数写入 (掉电丢失)

搭配类型 22, 可保存上位机模块内参数表功能码 0x20 开头参数

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|----------------------|-------------|---|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 12 | 00 FD | 7F | 29 70 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x12 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | Byte0~1: index, 详见下方可读写参数表 Byte2~3: 00 Byte4~7: 参数数据 以上数据低字节在前, 高字节在后 |

应答帧: 应答电机反馈帧(见通信类型 2)

通信类型 21: 故障反馈帧

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|-----------------------|--------------|--|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 15 | 00 FD | 7F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x15 | bit15~8: 电机 CAN_ID | 用来标识主 CAN_ID | Byte0~3: fault 值(非 0:有故障, 0: 正常) Bit16: 电机电流故障: A 相电流采样过流 bit14: 电机堵转过载算法保护 Bit9: 位置初始化故障 |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | | bit8:硬件识别故障 bit7:编码器未标定: 电机未标定编码器 bit5:电机电流故障: C 相电流采样过流 bit4:电机电流故障: B 相电流采样过流 bit3:过压故障: 电机电压超过保护电压 60V bit2:欠压故障: 电机电压低于保护电压 12V bit1:驱动芯片故障: 电机驱动芯片报故障 bit0:电机过温故障: 电机热敏电阻温度超过 145 度 Byte4~7: warning 值 bit0: 电机过温预警, 默认 135 度 |
|--|--|--|--|--|

通信类型 22: 电机数据保存帧 (保存当前所有可存储变量, 0.0.3.0 后为该协议)

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|------------------|----------------------|-------------|----------------------------|
| 大小 | Bit28~bit24 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 16 | 00 FD | 7F | 01 02 03 04 05 06 07 08 |
| 描述 | 0x16 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | 01 02 03 04 05 06 07 08 |

应答帧: 应答电机反馈帧(见通信类型 2)

通信类型 23: 电机波特率修改帧 (重新上电生效, 0.0.3.0 后为该协议)

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|----------------------|-------------|---|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 17 | 00 FD | 7F | 01 02 03 04 05 06 01 00 |
| 描述 | 0x17 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | 01 02 03 04 05 06 F_CMD 其中其中 F_CMD 字节为电机 波特率 其中 01 为 1M 02 为 500K 03 为 250K 04 为 125K |

应答帧: 应答电机反馈帧(见通信类型 0)

通信类型 24： 电机主动上报帧（0.0.3.0 后为该协议）

| 数据域 | 29 位 ID | 8Byte 数据区 | | |
|-----|--------------|----------------------|-------------|--|
| 大小 | Bit28~bit 24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 18 | 00 FD | 7F | 01 02 03 04 05 06 01 00 |
| 描述 | 0x18 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | 01 02 03 04 05 06 F_CMD 其中 F_CMD 字节为电机上报开关 00 为关闭主动上报（默认） 01 为开启主动上报，默认上报间隔为 10ms |

应答帧：（0.0.3.2 及以前为类型 2）

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|--------------|---|-----------|--|
| 大小 | Bit28~bit2 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| | 18 | 00 7F | FD | |
| 描述 | 0x18 | Bit8~Bit15:当前电机 CAN ID bit21~16:故障信息（0 无 1 有） bit21: 未标定 bit20: 堵转过载故障 bit19: 磁编码故障 bit18: 过温 bit17: 三相电流故障 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 (-12.57f~12.57f) Byte2~3: 当前角速度 [0~65535] 对应 (-33rad/s~33rad/s) Byte4~5: 当前力矩 [0~65535] 对应 (-14Nm~14Nm) Byte6~7: 当前温度： Temp(摄氏度) *10 以上 数据高字节在前，低字节在后 |

通信类型 25： 电机协议修改帧

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|--------------|----------------------|-------------|--|
| 大小 | Bit28~bit2 4 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte6 |
| | 19 | 00 FD | 7F | 01 02 03 04 05 06 00 00 |
| 描述 | 0x19 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | 01 02 03 04 05 06 F_CMD 其中 F_CMD 字节为电机协议类型 0 为私有协议（默认） 1 为 Canopen 协议 2 为 MIT 协议 |

应答帧：应答电机反馈帧(见通信类型 0)

通信类型 26：版本号读取帧

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|----------------------|-------------|------------------------------|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte6 |
| | 04 | 00 FD | 7F | 00 C4 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 0x4 | bit15~8:用来标识主 CAN_ID | 目标电机 CAN_ID | Byte[0]=0x00 Byte[1]=0xC4 |

应答帧：

| 数据域 | 29 位 ID | | | 8Byte 数据区 |
|-----|-------------|--|-------------|---|
| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte6 |
| | 02 | 00 7F | FD | |
| 描述 | 0x2 | Bit8~Bit15:当前电机 CAN ID Bit21~Bit16:故障信息(0 无 1 有) bit21:未标定 Bit20:堵转过载故障 Bit19:磁编码故障 Bit18:过温 Bit17:三相电流故障 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] | 目标电机 CAN_ID | Byte0=0x00 Byte1=0xC4 Byte2=0x56 Byte3~6: 电机版本号 顺序由高到低 |

可读写单个参数列表 (0.0.3.5 以后全参数可读)

| 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 (PP) 2: 速度模式 3: 电流模式 5:位置模式 (CSP) | uint8 | 1 | | W/R |
| 0X7006 | iq_ref | 电流模式 Iq 指令 | float | 4 | -16~16A | W/R |
| 0X700A | spd_ref | 转速模式转速指令 | float | 4 | -33~33rad/s | W/R |
| 0X700B | limit_torque | 转矩限制 | float | 4 | 0~14Nm | W/R |
| 0X7010 | cur_kp | 电流的 Kp | float | 4 | 默认值 0.17 | W/R |
| 0X7011 | cur_ki | 电流的 Ki | float | 4 | 默认值 0.012 | 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 |

| 参数 index | 参数名称 | 描述 | 类型 | 字节数 | 单位/说明 | R/W 读写权限 |
|----------|----------------|-------------------------------|--------|-----|---------------|----------|
| 0X7017 | limit_spd | 位置模式 (CSP) 速度限制 | float | 4 | 0~33rad/s | W/R |
| 0X7018 | limit_cur | 速度位置模式电流限制 | float | 4 | 0~16A | W/R |
| 0x7019 | mechPos | 负载端计圈机械角度 | float | 4 | rad | R |
| 0x701A | iqf | iq 滤波值 | float | 4 | -16~16A | R |
| 0x701B | mechVel | 负载端转速 | float | 4 | -33~33rad/s | R |
| 0x701C | VBUS | 母线电压 | float | 4 | V | R |
| 0x701E | loc_kp | 位置的 kp | float | 4 | 默认值 40 | W/R |
| 0x701F | spd_kp | 速度的 kp | float | 4 | 默认值 6 | W/R |
| 0x7020 | spd_ki | 速度的 ki | float | 4 | 默认值 0.02 | W/R |
| 0x7021 | spd_filt_g ain | 速度滤波值 | float | 4 | 默认值 0.1 | W/R |
| 0x7022 | acc_rad | 速度模式加速度 | float | 4 | 默认值 20rad/s^2 | W/R |
| 0x7024 | vel_max | 位置模式 (PP) 速度 | float | 4 | 默认值 10rad/s | W/R |
| 0x7025 | acc_set | 位置模式 (PP) 加速度 | float | 4 | 默认值 10rad/s^2 | W/R |
| 0x7026 | EPScan_time | 上报时间设置, 1 代表 10ms, 加 1 递增 5ms | uint16 | 2 | 默认值 1 | W/R |
| 0x7028 | canTimeout | can 超时阀值, 20000 代表 1s | uint32 | 4 | 默认 0 | W/R |
| 0x7029 | zero_sta | 零点标志位, 0 代表 0~2π, 1 代表 -π~π | uint8 | 1 | 默认 0 | W/R |
| 0x702A | damper | 阻尼开关 | uint8 | 1 | 默认 0 | W/R |
| 0x702B | add_offset | 零位偏置 | float | 4 | 默认 0 | W/R |

读取示例：

以读取 loc_kp 为例：

| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
|----|-------------|------------|----------------|---------------------------|
| | 0x11 | 0x00FD | 0x7F | 1E 70 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 类型 17 | 主机 id 0xFD | 目标电机 CAN_ID 7F | Byte0~1: index, 对应 loc_kp |

读取指令为

反馈指令为

| 大小 | Bit28~bit24 | bit23~8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
|----|-------------|-------------------------|------------|--|
| | 0x11 | 0x007F | 0xFD | 1E 70 00 00 00 00 F0 41 |
| 描述 | 类型 17 | bit15~8: 目标电机 CAN_ID 7F | 主机 id 0xFD | Byte0~1: index, 对应 loc_kp Byte4~7: loc_kp 值为 30, 右高字节, (32 位单精度) 16 进制 IEEE-754 标准浮点数 |

4.2. 电机部分功能说明（如无以下功能， 请访问官网 git 升级最新版本）

4.2.1. 主动上报说明

电机主动上报默认关闭，通过类型 24 开启上报

上报类型为类型 2， 上报间隔默认 10ms， 可通过类型 18 修改 EPScan_time 来更改上报周期

4.2.2. 零点标志位说明

通过上位机或类型 18 修改 zero_sta 标志位， 其中通过类型 18 修改需要用通信类型 22 保存

电机默认标志位为 0， 上电后默认位置为 $0\text{--}2\pi$

如修改标志位为 1， 上电后默认位置为 $-\pi\text{--}\pi$

4.2.3. 类型 2 变更说明

类型 2 变更为周期性循环 $-4\pi\text{--}4\pi$ ， 可通过该方式记圈数

需要注意的是位置接口需变更

P_MIN 为 -12.57f

P_MAX 为 12.57f

4.2.4. 协议切换说明（需要配合 can 盒操作）

通过上位机修改 protocol_1 标志位或发送通信类型 25 即可切换协议为 canopen 协议或 mit 协议， 重新上电生效， 切换协议后， 需要通过 can 盒发送下方通信协议的切换协议指令进行切换， 其中 canopen 协议发送扩展帧的协议切换帧， mit 协议发送标准帧的指令 8

4.2.5. 电机的关机后反驱保护可设置是否取消

电机在未上电状态下如果快速转动， 会感受到一定的阻尼， 这是电机防止外部转速过快引起浪涌 设置的保护， 可以通过设置 damper 为 1 来取消该保护

4.2.6. csp 和运控模式下可以标零， pp 模式标零会屏蔽掉

老版本电机标零后电机电机期望和实际值会有一个很大的偏差， 电机会上向期望值旋转， 新版本电机在 CSP 和运控模式下标零， 电机期望会马上更新为 0， 这样电机不会运动， PP 模式下无法标零

4.2.7. 增加位置偏置，如果偏置填 1，则以当前零点加 1 为零点

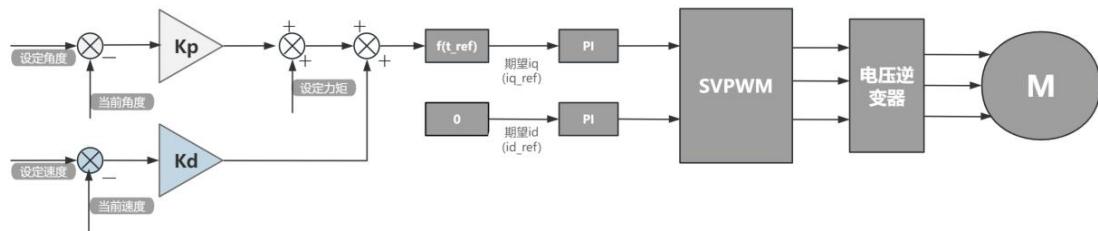
有的客户因为限位影响，无法在零点位置标零，例如，在位置为 1rad 的地方设置零位，然后修改 add_offset 为 1，则重新上电后，电机的位置 1rad 即为之前为 1rad 的位置，电机的零位在之前位置 1rad 逆时针旋转 1rad 的地方

4.2.8. 电机 canopenid 与 canid 保持一致

老版本 canopenid 为 1，新版本如果要设置 canopen 的 id，与私有协议下的 canid 保持一致

4.3. 控制模式使用说明

4.3.1. 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）

运控模式说明：

运控模式的控制逻辑为 $t_{ref}=Kd*(v_{set}-v_{actual})+Kp*(p_{set}-p_{actual})+t_{ff}$ ， t_{ref} 通过内部的公式折算为期望 i_q 电流，通过电流环输出

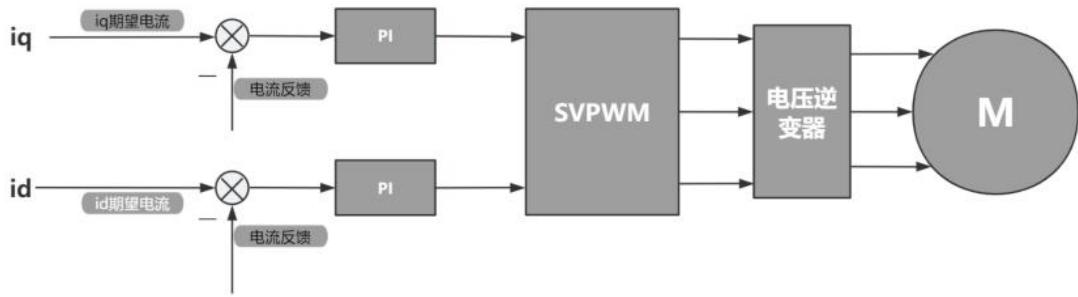
简单控制演示：

将 t_{ff} 设为 0， v_{set} 设为 1， Kd 设为 1， p_{set} 设为 0， Kp 设为 0，电机外部不加载，电机即会以 1rad/s 速度运行，如果外部加载，则需要将 kd 调大来抵御外部负载

将 t_{ff} 设为 0， v_{set} 设为 0， Kd 设为 1， p_{set} 设为 0， Kp 设为 0，电机即为阻尼模式，外部转动电机，电机即会给一个阻尼，阻尼随着 kd 变大而变大，需要注意此工况电机发电，需要电源馈电防止过压

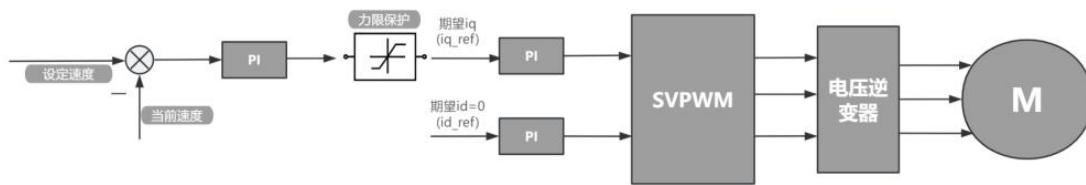
将 t_{ff} 设为 0， v_{set} 设为 0， Kd 设为 1， p_{set} 设为 5， Kp 设为 1，电机外部不加载，电机即会运行到目标位置 5， kp 加大，维持目标位置的力变大， kd 为阻尼，如果没有 kd ，电机到目标位置会摇摆

4.3.2. 电流模式



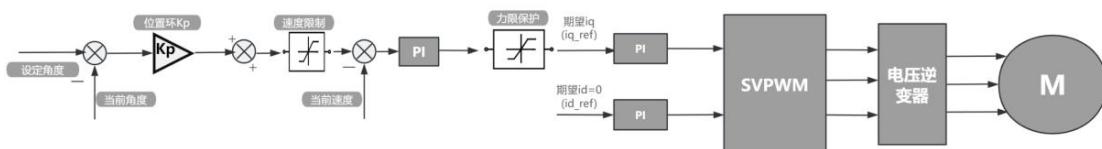
发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 3 --> 发送电机使能运行帧（通信类型 3）--> 发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 iq_ref 参数为预设电流指令

4.3.3. 速度模式



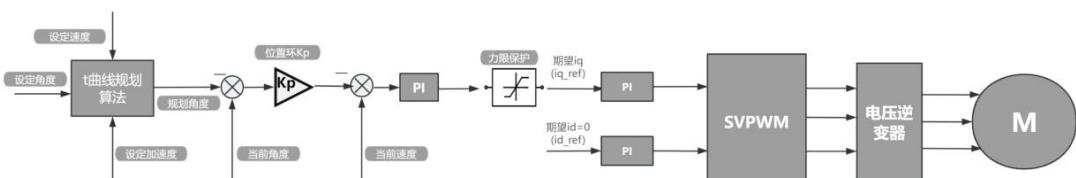
发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 2 --> 发送电机使能运行帧（通信类型 3）--> 发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 limit_cur 参数为预设最大电流指令-->发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 acc_rad 参数为预设加速度指令-->发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 spd_ref 参数为预设速度指令

4.3.4. 位置模式 (CSP)



发送电机模式参数写入命令（通信类型 18）设置 runmode 参数为 5 --> 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

4.3.5. 位置模式 (PP)



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 vel_max 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 acc_set 参数为预设加速度指令-->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

注：该模式不支持运行过程中改速度和加速度，如想急停可以在过程中将 vel_max 修 改为 0，会以当前速度和加速度规划停止

4.3.6. 停止运行

发送电机停止运行帧（通信类型 4）

4.4. 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

```
C++
#define P_MIN -12.57f //0.0.2.6 及之前为 12.5，之后为 12.57

#define P_MAX 12.57f //0.0.2.6 及之前为 12.5，之后为 12.57

#define V_MIN -33.0f

#define V_MAX 33.0f

#define KP_MIN 0.0f

#define KP_MAX 500.0f

#define KD_MIN 0.0f

#define KD_MAX 5.0f

#define T_MIN -14.0f

#define T_MAX 14.0f

struct exCanIdInfo{

    uint32_t id:8;

    uint32_t data:16;

    uint32_t mode:5;
```

```
uint32_t res:3;  
};  
  
can_receive_message_struct rxMsg;  
  
can_transmit_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(CANO, &txMsg)  
  
#define can_rxd() can_message_receive(CANO, CAN_FIFO1, &rxMsg)
```

下面列举常见的通信类型发送：

4.4.1. 电机使能运行帧（通信类型 3）

```
C++
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();
}
```

4.4.2. 运控模式电机控制指令（通信类型 1）

```
C++
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() ;

}

```

4.4.3. 电机停止运行帧（通信类型 4）

```

C++
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();
}

```

4.4.4. 电机模式参数写入命令（通信类型 18， 运行模式切换）

```

C++
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();  
  
}
```

4.4.5. 电机模式参数写入命令（通信类型 18， 控制参数写入）

```
Python  
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();  
  
}
```

5. Canopen 通信协议类型说明

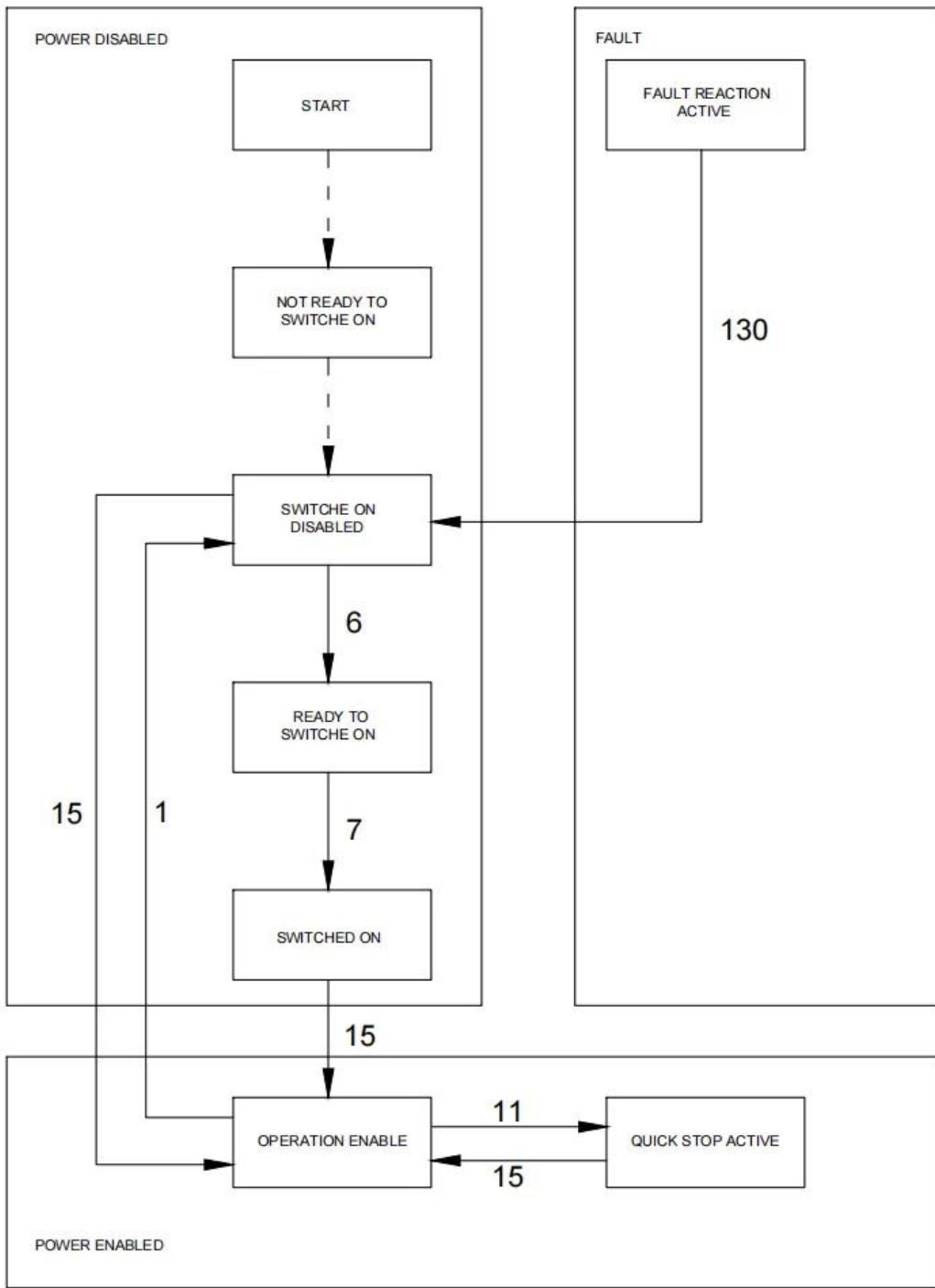
5.1. CanOpen 通信介绍

CANopen 是一个基于 CAN 总线的“高层协议”，这意味着 CAN 总线（ISO 11898）就像集装箱的卡车一般作为 CANopen 信息的“运输工具”。CAN 只是实现了带有 11 位 CAN ID、远程传输（RTR）位和 64 个数据位（与更高层的协议相关）的字段的帧的传输。CAN 总线在 CANopen 中的作用与在 J1939 协议相同。而 CANopen 则实现了 OSI 模型的第七层，并能够适应除 CAN 以外的其他数据链路层协议。CANopen 所需的 EDS 文件请前往 www.robstride.com 官网下载中心下载

5.2. CANOpen 协议报文分类

| 分类 | 作用 |
|----------------------|--|
| NMT 网络管理报文 | 管理网络，切换节点的状态。一般由主站发送 NMT 网络管理报文。 |
| SDO 服务数据对象报文 | 设置设备参数，或者是一些关键数据的传输。一般由主站发起 SDO 报文，从站应答 SDO 报文。从站也可以发起 SDO，主站响应，比如关键数据的传输。 |
| PDO 过程数据对象报文 | 传输一些设备的过程数据，比如传输温度，速度等等。主站和从站都会发送。 |
| EMCY 紧急报文 | 传输设备的故障信息。主站和从站都会发送。 |
| SYNC 同步报文 | 同步数据，用来同步从站的 TPDO 数据。一般由主站发送。 |
| NODE GUARDING 节点保护报文 | 主站请求从站的状态，主站询问，从站应答 |
| HeartBeat 心跳报文。 | 设备主动发送心跳，表示自己在线。主站和从站都可以发送。 |

5.3. 状态机说明



电机使能：电机初始上电即为 SWITCH_ON_DISABLED 状态，可通过修改 controlword (6040) 为 6、7、15 过渡到 OPERATION_ENABLE 状态，也可直接通过修改其为 15 进入 OPERATION_ENABLE 状态

停止电机：电机在 OPERATION_ENABLE 状态想要正常停止可修改 controlword (6040) 为 1，电机会进入失能状态，即 SWITCH_ON_DISABLED 状态

电机急停（慎用，易造成浪涌电压）：电机在运行过程中可以急停，修改 controlword (6040) 为 11 即可触发急停

电机清除错误：电机保护后会进入 FAULT 状态，修改 controlword (6040) 可以清除常规错误

注意：需要注意的是，本电机切换模式需要在失能状态下，因此请在进入 OPERATION_ENABLE 之前设置相应模式

5.4.状态反馈参数

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|----------------------------|----|------------|----------------------|
| 603F | Error_code | 可读 | UINTEGER16 | / |
| 6041 | Statusword | 可读 | UINTEGER16 | / |
| 6061 | Modes_of_operation_display | 可读 | INTEGER8 | / |
| 6062 | Position_demannd_value | 可读 | INTEGER32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 6064 | Position_actual_value | 可读 | INTEGER32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 606B | Velocity_demand_value | 可读 | INTEGER32 | 0.1rpm |
| 606C | Velocity_actual_value | 可读 | INTEGER32 | 0.1rpm |
| 6077 | Torque_actual_value | 可读 | INTEGER16 | 0.1%负载率，1000 代表 5N.m |
| 6078 | Current_actual_value | 可读 | INTEGER16 | mA |
| 6079 | DC_link_circuit_voltage | 可读 | INTEGER32 | mV |

5.5.归零模式（设置零位）

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|--------------------|-----|------------|----|
| 6040 | controlword | 可读写 | UINTEGER16 | / |
| 6060 | Modes of operation | 可读写 | INTEGER8 | / |

标零方式：电机在失能状态下设置 Modes of operation 为 6，电机即会设置当前位置为零位

零点保持：修改 controlword 为 15，电机会在零位位置保持

5.6.位置模式（PP）

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|----------------------|-----|------------|----------------------|
| 6040 | controlword | 可读写 | UINTEGER16 | / |
| 6060 | Modes of operation | 可读写 | INTEGER8 | / |
| 6067 | Position_window | 可读写 | UINTEGER32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 6068 | Position_window_time | 可读写 | UINTEGER16 | ms |
| 6071 | Target_torque | 可读写 | INTEGER16 | 0.1%负载率，1000 代表 5N.m |
| 607A | Target_position | 可读写 | INTEGER32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 6081 | Profile_velocity | 可读写 | UINTEGER32 | 0.1rpm |

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|----------------------|-----|--------|----------|
| 6083 | Profile_acceleration | 可读写 | UINT32 | 0.1rpm/s |

步骤 1：电机在失能状态下设置 Modes of operation 为 1，设置 Target_torque（位置模式下最大力矩绝对值，必设），Profile_velocity（位置模式速度绝对值，必设），Profile_acceleration（位置模式加速度绝对值，必设），Position_window（可不设，不设即不启用），Position_window_time（可不设，不设即不启用）

步骤 2：设置 controlword 为 15

步骤 3：设置 Target_position（绝对位置）即可到达指定位置

5.7.位置模式 (CSP)

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|----------------------|-----|-----------|----------------------|
| 6040 | controlword | 可读写 | UINT16 | / |
| 6060 | Modes of operation | 可读写 | INTEGER8 | / |
| 6067 | Position_window | 可读写 | UINT32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 6068 | Position_window_time | 可读写 | UINT16 | ms |
| 6071 | Target_torque | 可读写 | INTEGER16 | 0.1%负载率，1000 代表 5N.m |
| 607A | Target_position | 可读写 | INTEGER32 | 脉冲，一圈对应 16384 脉冲 |
| 6081 | Profile_velocity | 可读写 | UINT32 | 0.1rpm |

步骤 1：电机在失能状态下设置 Modes of operation 为 5，设置 Target_torque（位置模式下最大力矩绝对值，必设），Profile_velocity（位置模式速度绝对值，必设），Position_window（可不设，0 即不启用），Position_window_time（可不设，0 即不启用）

步骤 2：设置 controlword 为 15

步骤 3：设置 Target_position（绝对位置）即可到达指定位置

5.8.速度模式

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|--------------------|-----|-----------|----------------------|
| 6040 | controlword | 可读写 | UINT16 | / |
| 6060 | Modes of operation | 可读写 | INTEGER8 | / |
| 6071 | Target_torque | 可读写 | INTEGER16 | 0.1%负载率，1000 代表 5N.m |
| 60FF | Target_velocity | 可读写 | INTEGER32 | 0.1rpm |

步骤 1：电机在失能状态下设置 Modes of operation 为 3，设置 Target_torque（位置模式下最大力矩绝对值，必设）

步骤 2：设置 controlword 为 15

步骤 3：设置 Target_velocity 即可到达指定速度

5.9. 力矩模式

| 索引 | 名称 | 属性 | 类型 | 单位 |
|------|--------------------|-----|-----------|-----------------------|
| 6040 | controlword | 可读写 | UINT16 | / |
| 6060 | Modes of operation | 可读写 | INTEGER8 | / |
| 6071 | Target_torque | 可读写 | INTEGER16 | 0.1%负载率, 1000 代表 5N.m |

步骤 1: 电机在失能状态下设置 Modes of operation 为 4

步骤 2: 设置 controlword 为 15

步骤 3: 设置 Target_torque 即可输出指定力矩

5.10. 协议切换帧（扩展帧）：切换电机协议，重新上电生效

| | | |
|-----|------------|---|
| 数据域 | 29 位 ID | 8Byte 数据区 |
| 大小 | Bit28~bit0 | Byte0~Byte6 |
| 描述 | 0xFFFF | 01 02 03 04 05 06 F_CMD 其中 F_CMD 字节为电机协议类型 其中 0 为私有协议（默认） 1 为 Canopen 协议 2 为 MIT 协议 |

应答帧：

| | | |
|-----|---------|----------------|
| 数据域 | 11 位 ID | 8Byte 数据区 |
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| 描述 | 电机 id | 64 位 MCU 唯一标识符 |

6. MIT 通信协议类型说明

电机通信为 CAN 2.0 通信接口，波特率默认 1Mbps，波特率可切换到私有协议修改，采用标准帧格式，如下所示：

| 数据域 | 11 位 ID | | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|--------|-------------|
| 大小 | Bit10~bit8 | bit7~0 | Byte0~Byte7 |
| 描述 | 模式类型 | id | |

电机支持的控制模式包括：

- MIT 模式：给定电机运控 5 个参数；
- 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和速度，电机将以过程速度运行到该指定的位置；

应答指令 1:

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|--|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | OFD | 7F 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 主机 id | Byte0: 电机 canid Byte1~2: 当前角度[0~65535]对应(-12.57rad~12.57rad) Byte3 为高 8 位, Byte4[7~4] (高 4 位) 为低 4 位: 当前速度[0~4096] 对应(-33rad/s~33rad/s) Byte4[3~0] (低 4 位) 为高 4 位, Byte5 为低 8 位: 当前力矩[0~4096] 对应(-14N.m~14N.m) Byte6~7: 绕组温度: Temp(摄氏度) *10, 单位度 |

应答指令 2:

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|----------------|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| 描述 | 电机 id | 64 位 MCU 唯一标识符 |

指令 1：电机使能运行

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|-------------|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |

| | | |
|----|------------|-------------------------|
| | 07F | FF FF FF FF FF FF FF FC |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF FF FC |

应答帧：应答指令 1

指令 2：电机停止运行

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|-------------------------|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF FF FD |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF FF FD |

应答帧：应答指令 1

指令 3：电机 MIT 动态参数

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|--|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | 00 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 目标电机 canid | Byte0~1：目标角度[0~65535]对应(-12.57rad~12.57rad) Byte2 为高 8 位, Byte3[7~4] (高 4 位) 为低 4 位：目标速度 [0~4096] 对应(-33rad/s~33rad/s) Byte3[3~0] (低 4 位) 为高 4 位, Byte4 为低 8 位： kp[0~4096] 对应(0~500) Byte5 为其高 8 位, Byte6[7~4] (高 4 位) 为其低 4 位： kd[0~4096] 对应(0~5) Byte6[3~0] (低 4 位) 为高 4 位, Byte7 为低 8 位： 目标力矩 [0~4096] 对应(-14N.m~14N.m) |

应答帧：应答指令 1

指令 4：设置零点（非位置模式）

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|-------------------------|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF FF FE |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF FF FE |

应答帧：应答指令 1

指令 5：清除错误及读取异常状态

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|-----------|
| | | |

| | | |
|----|------------|--|
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF FF FB |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF F_CMD FB 其中其中 F_CMD 字节为 0xFF 时，表示消除当前的异常；为其他任何数值时，将在回复中的 BYTE1 中回传错误值 |

清错应答帧：应答指令 1

异常状态应答帧

| | | |
|-----|---------|--|
| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 0FD | 7F 00 00 00 00 00 00 00 |
| 描述 | 主机 id | Byte0: 电机 canid Byte1~4: fault 值(非 0:有故障, 0: 正常) Bit16: 电机电流故障: A 相电流采样过流 bit14: 电机堵转过载算法保护 Bit9: 位置初始化故障 bit8: 硬件识别故障 bit7: 编码器未标定: 电机未标定编码器 bit5: 电机电流故障: C 相电流采样过流 bit4: 电机电流故障: B 相电流采样过流 bit3: 过压故障: 电机电压超过保护电压 60V bit2: 欠压故障: 电机电压低于保护电压 12V bit1: 驱动芯片故障: 电机驱动芯片报故障 bit0: 电机过温故障: 电机热敏电阻温度超过 145 度 |

指令 6：设置运行模式

| | | |
|-----|------------|---|
| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF 00 FC |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF F_CMD FC 其中其中 F_CMD 字节为运行模式 其中 0 为 MIT 模式(默认) 1 为位置模式 2 为速度模式 |

应答帧：应答指令 1

指令 7：修改电机 CANID

| | | |
|-----|---------|-------------------------|
| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
| 大小 | bit10~0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF 01 FA |

| | | |
|----|------------|--|
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF F_CMD FA 其中其中 F_CMD 字节为目标修改的电机 id |
|----|------------|--|

应答帧：应答指令 2

指令 8：修改电机协议：切换电机协议，重新上电生效

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|---|
| 大小 | bit10^0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF 00 FD |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF F_CMD FD 其中其中 F_CMD 字节为电机协议类型 其中 0 为私有协议（默认） 1 为 Canopen 协议 2 为 MIT 协议 |

应答帧：应答指令 2

指令 9：修改主机 canid

| 数据域 | 11 位 id | 8Byte 数据区 |
|-----|------------|---|
| 大小 | bit10^0 | Byte0~Byte7 |
| | 07F | FF FF FF FF FF FF FD 01 |
| 描述 | 目标电机 canid | FF FF FF FF FF FF F_CMD 01 其中其中 F_CMD 字节为为主机 canid |

应答帧：应答指令 2

指令 10：位置模式控制指令

| 数据域 | 11 位 id | | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|------------|--|
| 大小 | bit10^8 | bit7^0 | Byte0~Byte7 |
| | 1 | 7F | 00 00 A0 40 00 00 A0 40(位置 5rad, 速度 5rad/s) |
| 描述 | 1 | 目标电机 canid | Byte0~3: 目标位置, 单位 rad, 32 位单精度 float Byte4~7: 目标速度, 单位 rad/s, 32 位单精度 float |

应答帧：应答指令 1

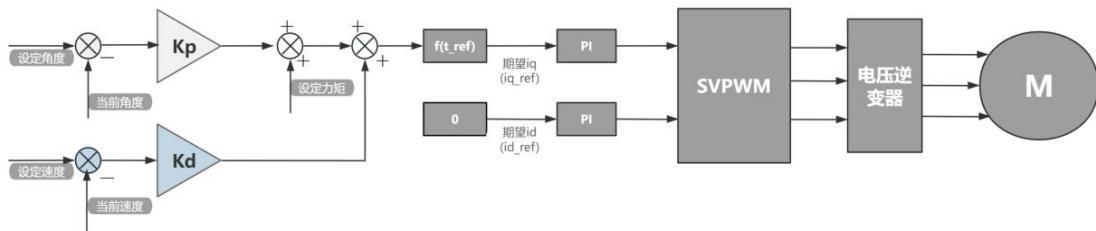
指令 11：速度模式控制指令

| 数据域 | 11 位 id | | 8Byte 数据区 |
|-----|---------|--------|-------------|
| 大小 | bit10^8 | bit7^0 | Byte0~Byte7 |

| | | | |
|----|---|------------|--|
| | 2 | 7F | 00 00 A0 40 00 00 00 40 (速度 5rad/s, 电流 2A) |
| 描述 | 2 | 目标电机 canid | Byte0~3: 目标速度, 单位 rad, 32 位单精度 float Byte4~7: 速度位置模式电流限制, 单位 rad/s, 32 位单精度 float |

应答帧: 应答指令 1

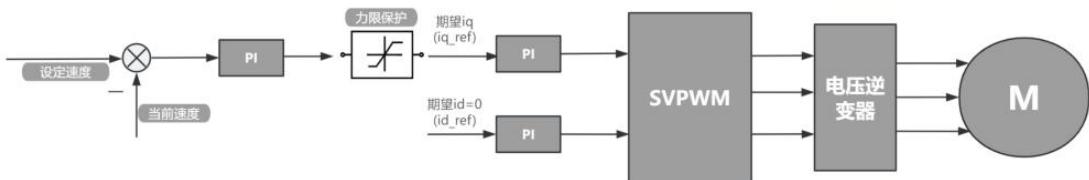
运控模式



电机上电后默认处于运控模式;

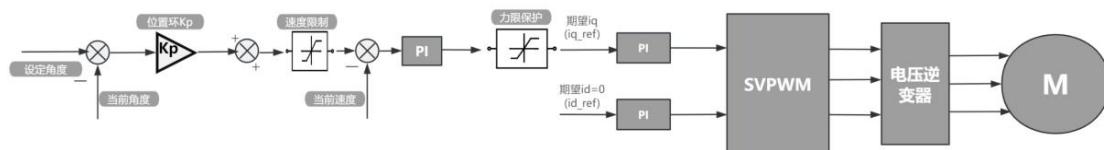
发送电机使能运行帧（指令 1）-->发送运控模式电机控制指令（指令 3）-->发送电机停止帧（指令 2）

速度模式



发送电机模式参数写入命令（指令 6）设置模式为 2 --> 发送电机使能运行帧（指令 1）--> 发送电机模式参数写入命令（指令 11）设置最大电流（绝对值）和预设速度-->发送电机停止帧（指令 2）

位置模式 (CSP)



发送电机模式参数写入命令（指令 6）设置模式为 1 --> 发送电机使能运行帧（指令 1）--> 发送电机模式参数写入命令（指令 10）设置最大速度（绝对值）和预设位置-->发送电机停止帧（指令 2）

7. 版本历史

| 版本号 | 说明 | 日期 |
|------|------|------------------|
| 1. 0 | 初版发布 | 2025 年 11 月 25 日 |