

# CAN 标准通讯协议

## 1 通讯速率：1M bits/s

## 2 指示灯和拨码开关

### 2.1 指示灯描述

指示灯用于指示驱动器和电机的工作状态，当警告和异常情况同时出现时，仅指示异常状态。若存在多个警告或者异常信息，指示灯将按照闪烁次数最少的进行提示。在异常状态下，驱动器会关闭输出。

正常状态	描述
绿灯快闪	电机处于空闲状态
绿灯慢闪	电机处于正常工作状态
警告状态	描述
橙灯每隔 1s 闪 1 次	未设置驱动器 ID
橙灯每隔 1s 闪 2 次	未对电机进行过校准
橙灯每隔 1s 闪 3 次	驱动器未激活
橙灯每隔 1s 闪 4 次	电机发生堵转
橙灯每隔 1s 闪 5 次	驱动板较高（大于 70℃）
异常状态	描述
红灯每隔 1s 闪 1 次	电流反馈信号异常
红灯每隔 1s 闪 2 次	编码器反馈信号异常
红灯每隔 1s 闪 3 次	功率器件异常
红灯每隔 1s 闪 4 次	驱动板温度过高（大于 80℃）
红灯每隔 1s 闪 5 次	欠压保护（小于 24V）
红灯每隔 1s 闪 6 次	过压保护（大于 80V）

### 2.2 ID 设置

拨码开关的第 1 到第 3 位分别控制 ID 的 bit0、bit1、bit2。开关拨至 ON 为 1，否则为 0。bit[2:0]为电机的 ID 值，该 ID 值会影响 CAN 通信的标志符。

速度闭环控制模式下，帧 ID 0X0202 控制 1~4 号电机，每 2 个字节控制一个电机，帧 ID 0X0203 控制 5~7 号电机，每 2 个字节控制一个电机；

位置控制模式下，帧 ID 0X0204 控制 1~4 号电机，每 2 个字节控制一个电机，帧 ID 0X0205 控制 5~7 号电机，每 2 个字节控制一个电机；

力矩控制模式下，帧 ID 0X0206 控制 1~4 号电机，每 2 个字节控制一个电机，帧 ID 0X0207 控制 5~7 号电机，每 2 个字节控制一个电机；

具体对应关系如下：

bit[2:0]	000	001	010	011	100	101	110	111
电机 ID	无效	1	2	3	4	5	6	7
速度闭环控制模式报文帧 ID	-	0x202				0x203		
位置控制模式报文帧 ID	-	0x204				0x205		
力矩控制模式报文帧 ID	-	0x206				0x207		
状态反馈报文帧 ID	-	0x208 0x209	0x20a 0x20b	0x20c 0x20d	0x20e 0x20f	0x210 0x211	0x212 0x213	0x214 0x215

## 2.3 CAN 电阻设置

拨码开关第 4 位控制 CAN 终端 120 欧电阻的接入状态，拨至 ON 为接入。

# 3 通信

## 3.1 配置指令接收报文格式

用于对驱动器进行各种配置，一条指令最多可以配置 7 个电机。

标识符：0x300

帧类型：标准帧

帧格式：DATA

DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	配置命令字	配置命令字	配置命令字	配置命令字	配置命令字	配置命令字	配置命令字	-
电机 ID	1	2	3	4	5	6	7	-

当配置命令字为以下值时，其表示的功能分别为：

- 0x00: 激活驱动模块，激活后电机才能正常接收速度/位置/力矩指令，该标志位会掉电保存；
- 0x01: 禁止驱动模块，禁止后电机不会接收电压/速度/位置指令，该标志位会掉电保存；
- 0x02: 执行电机角度校准命令，校准过程会持续 4s 左右，有的时间会更长；  
执行电机角度校准值自动微调命令，在此过程中电机正反转，当微调值满足要求时
- 0x03: 电机会停止，该命令必须在执行了“0x02”命令之后才能执行；此过程有的时间会长一些，有些时间会短一些，取决于传感器和磁铁的安装位置；
- 0x04: 设置当前位置为零点，掉电后不会被保存；
- 0x05: 紧急刹车；
- 0x06: 恢复出厂设置（缓启动时间，堵转保护参数，负载惯量比等）；
- 0x07: 软件复位；
- 0x08: 故障复位；
- 0x09~0xfe: 保留；
- 0xff: 无效；

## 3.2 速度闭环控制模式接收报文格式

用于给电机发送速度闭环控制指令，一条指令最多可以控制 4 个电机。

标识符：0x202  
帧类型：标准帧  
帧格式：DATA  
DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位
电机 ID	1	2	3	4				

标识符：0x203  
帧类型：标准帧  
帧格式：DATA  
DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	速度给定高 8 位	速度给定低 8 位	-	-
电机 ID	5	6	7	-				

速度给定值范围为：-2048~2047，单位：rpm，齿轮箱末端速度，大部分电机速度都在 1000rpm 以内。当速度给定值的十六进制数为 0x7fff 时，表示该指令无效。

### 3.3 位置模式接收报文格式

用于给电机发送位置闭环控制指令，一条指令最多可以控制 4 个电机。

标识符：0x204  
帧类型：标准帧  
帧格式：DATA  
DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位
电机 ID	1	2	3	4				

标识符：0x205  
帧类型：标准帧  
帧格式：DATA  
DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	位置给定高 8 位	位置给定低 8 位	-	-
电机 ID	5	6	7	-				

位置给定值范围为：-18000~18000，单位：0.01 度，齿轮箱末端位置。当位置给定值的十六进制数为 0x7fff 时，表示该指令无效。

### 3.4 电流模式（力矩模式）接收报文格式

用于给电机发送电流闭环控制指令，一条指令最多可以控制 4 个电机。

标识符：0x206  
帧类型：标准帧  
帧格式：DATA  
DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电流给定高 8 位	电流给定低 8 位	电流给定高 8 位	电流给定低 8 位	电流给定高 8 位	电流给定低 8 位	电流给定高 8 位	电流给定低 8 位

电机 ID	1	2	3	4				
标识符：0x207								
帧类型：标准帧								
帧格式：DATA								
DLC：8 字节								
数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电 流 给 定高 8 位	电 流 给 定低 8 位	电 流 给 定高 8 位	电 流 给 定低 8 位	电 流 给 定高 8 位	电 流 给 定低 8 位	-	-
电机 ID	5	6	7	-				

力矩电流给定值范围为: -2048~2047, 因为电流采样 ADC 为 12bit。给的是电机轴端的力矩, 不是齿轮箱末端的。实际使用时请不要用到极限值, 因为采样电路会有偏差, 往往无法做到极限值采样。

当力矩电流给定值的十六进制数为 0x7fff 时, 表示该指令无效。

电流给定值=目标电流值/16\*2048; 例如, 目标电流值 1A, 电流给定值=1/16\*2048=128, 对应十六进制为 0X0080。

### 3.5 状态反馈发送报文格式

电机向总线上发送反馈数据, 包含行程、转速、电流、温度、状态信息。

标识符：0x206+2*电机 ID					帧类型：标准帧			
帧格式：DATA					DLC：8 字节			
数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内 容	圈数高 8 位	圈数低 8 位	位置高 8 位	位置低 8 位	转速高 8 位	转速低 8 位	电流高 8 位	电流低 8 位

标识符：0x207+2*电机 ID					帧类型：标准帧			
帧格式：DATA					DLC：3 字节			
数据域	DATA0	DATA1	DATA2	-	-	-	-	-
内 容	供 电 电 压	驱 动 板 温度	状 态 标 志	-	-	-	-	-

发送频率: 50Hz。

圈数范围: 0~65535。

位置范围: -18000~18000, 单位: 0.01 度。

转速范围: -2048~2047, 单位: rpm。

电流范围: -2048~2047, 电流采样 ADC 为 12bit。

电压范围: 0~255, 单位: V。

温度范围: -128~127, 单位: 摄氏度。

状态标志: 11011000

bit7: 0 - 驱动器未被激活, 1 - 驱动器处于激活状态;

bit6: 0 - 电机未做过校准, 1 - 电机做过校准;

bit5: 0 - 电机未发生堵转, 1 - 电机发生堵转, 需要发送故障复位信号后, 才可以恢复工作;

bit4~3: 0 - 电机处于开环电压控制模式, 1 - 电机处于闭环速度控制模式, 2 - 电机处于闭环位置模式; 3 - 电机处于闭环力矩控制模式

bit2~0: 0 - 无故障, 1 - 电流反馈信号故障, 2 - 编码器反馈信号故障, 3 - 功率器件故障, 4 -

驱动器过热，5 - 驱动器欠压， 6 - 驱动器过压，7 - 保留；

### 3.6 过流保护电流设置报文格式

设置电机的过流保护电流、时间参数。

标识符：0x301

帧类型：标准帧

帧格式：DATA

DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电机 ID	命令 ID	过流保护 值高 8 位	过流保护 值低 8 位	过流保护时 间高 8 位	过流保护 时间低 8 位	保存标 志	-

电机 ID：1~7。

命令 ID：0x00。

过流值范围：0~2047，电流采样 ADC 为 12bit。

过流保护值=目标电流值/16\*2048;例如，目标电流值 1A，过流保护值=1/16\*2048=128，对应十六进制为 0X0080。

过流保护时间范围：0~60000，单位：ms。

保存标志：0 - 不保存， 1 - 保存，保存时请确保电机处于静止状态。

上电后，驱动器默认保护电流为最大硬件采样电流，保护时间为 6s。

### 3.7 速度闭环控制模式缓启动设置报文格式

设置闭环速度控制指令的缓起缓停时间。

标识符：0x301

帧类型：标准帧

帧格式：DATA

DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电机 ID	命令 ID	缓起缓 停时间 bit31~24	缓起缓 停时间 bit23~16	缓起缓 停时间 bit15~8	缓起缓 停时间 bit7~bit0	保存标 志	-

电机 ID：1~7。

命令 ID：0x02。

缓起缓停时间范围：0~2<sup>32</sup>-1，0 表示不用缓启动功能，数值越大，缓起缓停时间越短，上电后默认为 5000。

保存标志：0 - 不保存， 1 - 保存，保存时请确保电机处于静止状态。

当处于速度闭环模式时，举例说明启停时间计算，假设速度指令缓启动参数  $\alpha$ ，当前速度指令为 0，目标速度指令（齿轮箱末端）为  $n_{ref}$ （单位为 rpm），齿轮比为  $r$ ，那么需要经过时间  $t$  之后当前的速度指令才会达到目标速度指令，时间  $t$  的计算公式为：

$$t = 2\sqrt{\frac{rn_{ref}}{9.55\alpha}} \quad (2)$$

下面再以实际测试为例，设置  $\alpha = 5000$ ， $n_{ref} = 133$  rpm，齿轮比  $r = 3.75$ ，则理论规划时间  $t = 0.2047$  s。实际测试结果如图 3 所示，其中第一通道波形代表换算到电机末端的速度指令（单位:rad/s），

第二通道波形代表规划后的速度指令，第三通道波形代表实际速度，采样频率为 1kHz。从图中可知，指令规划时间为 0.2047s，实际速度上升时间约为 0.207s。

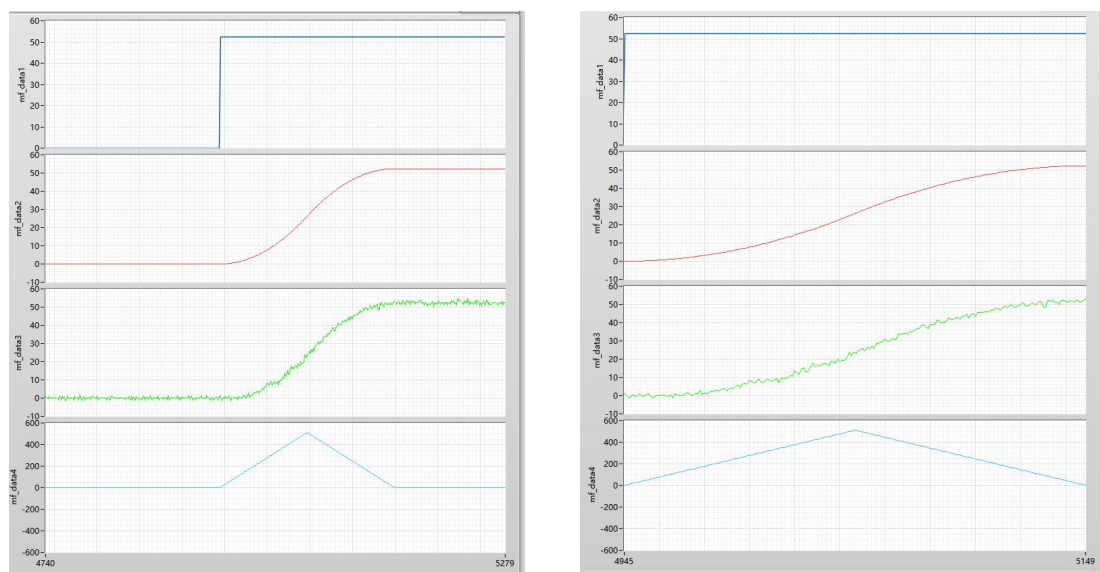


图 3 速度模式测试  $\alpha = 5000$  ,  $n_{ref} = 133\text{rpm}$

设置  $\alpha = 10$  ,  $n_{ref} = 133\text{rpm}$  , 齿轮比  $r = 3.75$  , 则理论规划时间  $t = 4.5765\text{s}$ 。实际测试结果如图 4 所示，其中第一通道波形代表换算到电机末端的速度指令（单位:rad/s），第二通道波形代表规划后的速度指令，第三通道波形代表实际速度，采样频率为 1kHz。从图中可知，指令规划时间为 4.5765s，实际速度上升时间约为 4.617s。

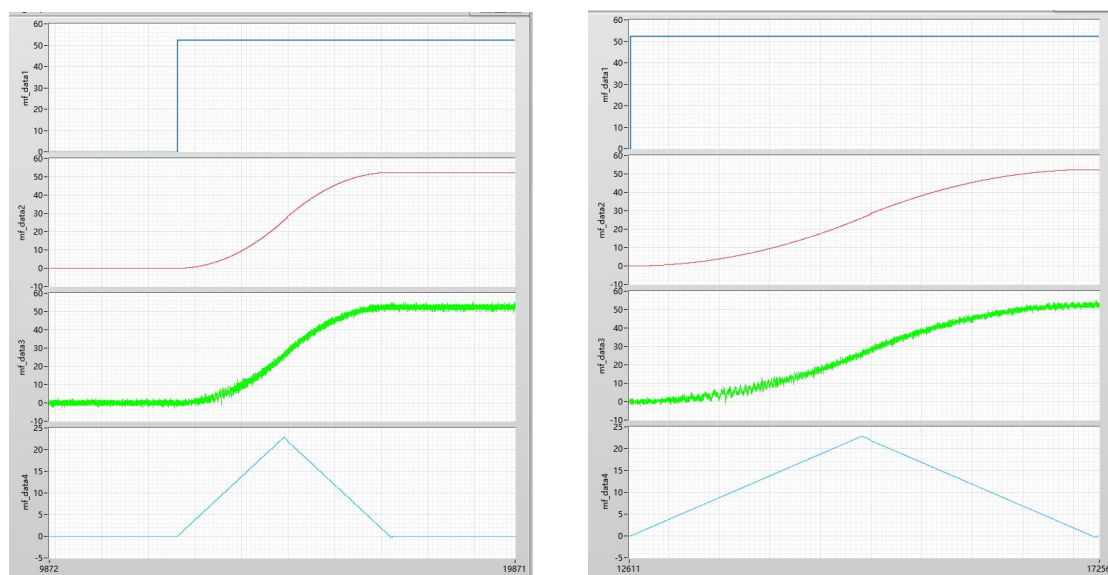


图 4 速度模式测试  $\alpha = 10$  ,  $n_{ref} = 133\text{rpm}$

### 3.8 位置模式缓启动设置报文格式

设置闭环位置控制指令的缓起缓停时间。

标识符：0x301

帧类型：标准帧

帧格式：DATA

DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电机 ID	命令 ID	缓起缓停时间 bit31~24	缓起缓停时间 bit23~16	缓起缓停时间 bit15~8	缓起缓停时间 bit7~0	保存标志	-

电机 ID：1~7。

命令 ID：0x03。

缓起缓停时间范围：0~2<sup>32</sup>-1，0 表示不用缓启动功能，数值越大，缓起缓停时间越短，上电后默认为 500。

保存标志：0 - 不保存，1 - 保存，保存时请确保电机处于静止状态。

当处于位置闭环模式时，举例说明启停时间计算，假设位置指令缓启动参数  $\alpha$ ，当前位置指令为 0，目标位置指令（齿轮箱末端）为  $\theta_{ref}$ （单位为°），齿轮比为  $r$ ，那么需要经过时间  $t$  之后当前的位置指令才会达到目标位置指令，时间  $t$  的计算公式为：

$$t = 2\sqrt{\frac{\pi r \theta_{ref}}{180\alpha}} \quad (3)$$

下面再以实际测试为例，设置  $\alpha = 200$ ， $\theta_{ref} = 180^\circ$ ，齿轮比  $r = 3.75$ ，则理论规划时间  $t = 0.2507$ s。实际测试结果如图 5 所示，其中第一通道波形代表换算到电机末端的位置指令（单位:rad），第二通道波形代表规划后的位置指令，第三通道波形代表实际位置，采样频率为 1kHz。从图中可知，指令规划时间为 0.2507s，实际速度上升时间约为 0.275s。

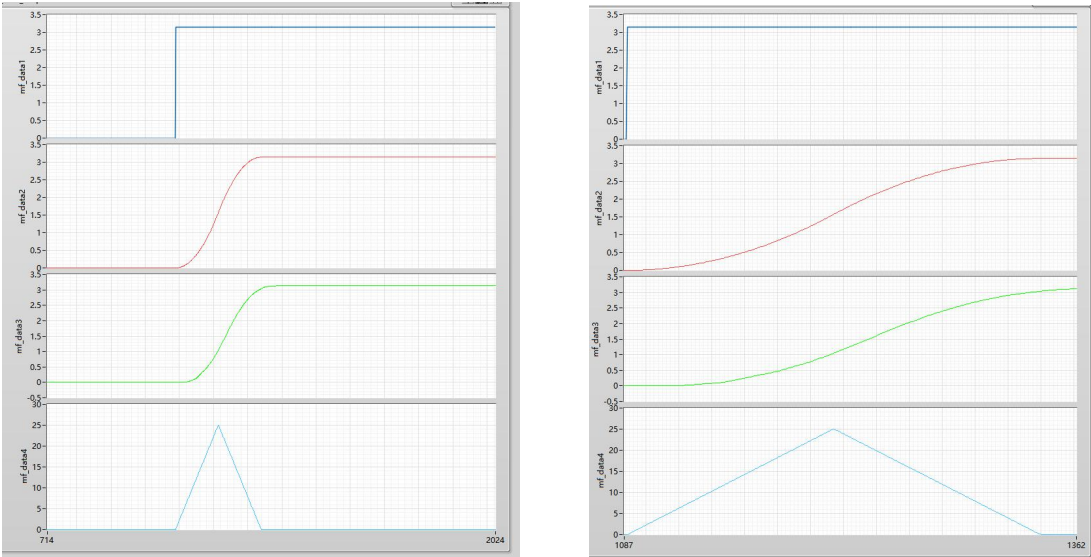


图 5 位置模式测试  $\alpha = 200$ ， $\theta_{ref} = 180^\circ$

设置  $\alpha = 10$ ， $\theta_{ref} = 180^\circ$ ，齿轮比  $r = 3.75$ ，则理论规划时间  $t = 1.121$ s。实际测试结果如图

6 所示，其中第一通道波形代表换算到电机末端的位置指令（单位:rad），第二通道波形代表规划后的位置指令，第三通道波形代表实际位置，采样频率为 1kHz。从图中可知，指令规划时间为 1.121s，实际速度上升时间约为 1.125s。

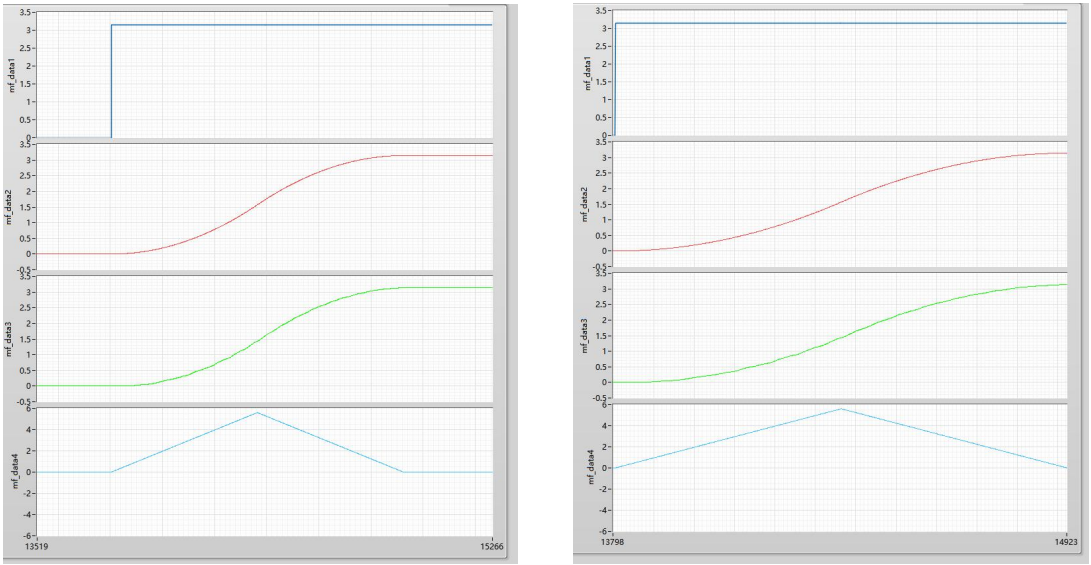


图 6 位置模式测试  $\alpha = 10$ ， $\theta_{ref} = 180^\circ$

### 3.9 负载惯量比设置报文格式

设置电机负载和电机本体的惯量比，默认为 1。

标识符：0x301

帧类型：标准帧

帧格式：DATA

DLC：8 字节

数据域	DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
内容	电机 ID	命令 ID	惯 量 比 高 8 位	惯量比 低 8 位	保存标 志	-	-	-

- 电机 ID：1~7。
- 命令 ID：0x04。
- 惯量比范围：1 ~65535，表示负载惯量是电机本体惯量的多少倍，该参数会影响速度闭环和位置闭环控制效果。
- 保存标志：0 - 不保存， 1 - 保存，保存时请确保电机处于静止状态。