



微悍动力关节驱动器 CANFD 通信协议 V1.0



北京微悍动力科技有限公司



目录

前言	3
一、 关节协议.....	3
1. 指令类型	3
2. FADCAN 总线协议	3
3. 常用指令包	4
4. 常用应答包	5
5. 位置伺服指令包	6
6. 速度伺服指令包	7
7. 电流伺服指令包	8
8. 关节状态查询指令包	9
二、 关节协议示例.....	10
1. 环境配置	10
2. IAP 在线更新标志位 (必要操作)	10
3. 获取当前关节状态	10
4. 位置模式控制	11
(1) 设置工作模式为位置模式	11
(2) 关节通过位置伺服指令运动	12
5. 电流模式控制	12
(1) 设置工作模式为电流模式	12
(2) 关节通过电流伺服指令运动	13



6. 速度模式控制	14
(1) 设置工作模式为速度模式	14
(2) 关节通过速度伺服指令运动	14
7. 清除关节错误	15
8. 设置关节零位	15
9. 设置使能状态	16
10. 内存控制表	17
三、 单关节测试工具.....	19
1. 启动/关闭设备.....	19
2. 驱动器控制	20
3. 驱动器信息	21
4. 波形发生器	22
5. 数据显示	22
6. 示波器显示	23
四、 附录.....	24
附录一：错误代码定义.....	24
附录二：标志说明.....	25
附录三：相关单位说明.....	25
附录四：工作模式说明.....	26
附录五：三闭环控制参数说明.....	26



前言

微悍动力关节采用了问答方式进行通信，控制器发出指令包，模块返回应答包。

一个 CAN 总线网络中允许有多个模块，所以每个模块都分配有一个 ID 号。控制器发出的控制指令中包含 ID 信息，只有匹配上 ID 号的模块才能完整接收这条指令，并返回应答信息。

所有的查询、控制和参数修改指令均通过对一个储存于模块主控芯片内部的内存控制表的读写操作完成。内存控制表的每一个地址存储两个字节，数据存储和传输均使用小端模式

一、关节协议

1. 指令类型

可用指令类型如下：

指令	功能	值	数据段长度
CMD_RD (读)	查询控制表里的数据	0x01	1
CMD_WR (写)	往控制表里写入数据	0x02	2

2. FADCAN 总线协议

使用 CANFD 的标准帧格式，只使用数据帧，远程帧无应答。

CANFD 协议的数据帧最长 64 个字节，通讯速率可达 5M，CANFD 协议的数据长度码如下所示。

CANFD 数据域																
DLC	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Data Bytes	0	1	2	3	4	5	6	7	8	12	16	20	24	32	48	64

3. 常用指令包

仲裁域		控制域										
STID/11		R1		IDE		FDF		R0		BRS		
ID		0		0		1		0		Length		
数据域								CRC 及其他域				
Data (64Byte)					CRC	ACK		EOF	IFS			
CMD	INDEX	DATA	DATA								

指令包格式如下：

仲裁域：只有目标ID段需要仲裁，仲裁域ID即为模块ID，模块ID为0x00~0x1E (0~30) ，

广播ID为0x00 (0) 。ID0固定为接口板使用。

控制域：DLC长度，即数据域字节长度，最大位64个字节，数据长度表如上所示；BRS表示速率可变，可变为1，不可变为0；ESI，暂定为0，总线不主动报错。

数据域：数据域第一个字节为指令类型，第二个字节为控制表索引，参考附录一内存控制表，

第三到第四个字节为随指令发送的数据。读指令有一个字节数据，表示所要读取的内存表寄存器的数量；写指令数据段有两个字节数据，为要写入内存表的内容，低位在前。

4. 常用应答包

应答包格式如下：

仲裁域		控制域							
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4		
ID+0x100	0	0	1	0	1	0	Length		
数据域							CRC 及其他域		
Data					CRC	ACK	EOF	IFS	
CMD	INDEX	DATA	DATA					

应答包的格式与指令包基本一致，其区别在于：

若模块收到的是读指令，则返回的数据段为指定长度的数据。

若模块收到的是写指令，则返回的数据段为操作是否成功，0x01-成功，0x00-失败。

应答包的ID为指令包ID+0x100.

备注：当下发的CANFD控制帧不符合协议要求时，驱动器返回CMD_ERR应答包，应答包

格式如下所示。

仲裁域		控制域						
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4	
ID+0x100	0	0	1	0	1	0	2	
数据域		CRC 及其他域						
Data (2Bytes)		CRC	ACK	EOF	IFS			



CMD_ERR	ERR						
---------	-----	--	--	--	--	--	--

ERR代表错误类型，错误代码如下所示：

错误位	定义	说明
0x01	格式错误	控制帧数据不符合协议格式
0x02	权限错误	控制帧无操作权限

5. 位置伺服指令包

当关节处于位置伺服模式下，关节进入周期性位置伺服控制阶段，控制器向各个关节模块发送位置指令帧，各个关节模块在收到指令帧之后进行相应的位置伺服控制，并将当前的位置信息、电流信息、速度信息、使能状态和错误代码通过一帧反馈帧发送给控制器。如果一个总线上有7个模块参与周期性伺服控制，那么一个控制周期之内，总线上将会产生14帧的通讯，以此降低总线负载。

位置伺服指令帧：

仲裁域		控制域								
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4			
ID+0x200	0	0	1	0	1	0	Length			
							4			
数据域				CRC及其他域						
Data (4Byte)				CRC	ACK	EOF	IFS			
D0	D1	D2	D3	目标位置						

伺服反馈帧:

仲裁域		控制域		数据域					CRC及其他域	
STID/ 11	R 1	DLC/4	Data (16Byte)					
ID+0x 500	0	Lengt h	D0~ D3	D4~ D7	D8~ D11	D12~ D13	D14~D 15	
			16	当前 电流	当前 速度	当前 位置	使能 状态	错误代 码	

6. 速度伺服指令包

当关节处于速度伺服模式下，关节进入周期性速度伺服控制阶段，控制器向各个关节模块发送速度指令帧，各个关节模块在收到指令帧之后进行相应的速度伺服控制，并将当前位置信息、电流信息、速度信息、使能状态和错误代码通过一帧反馈帧发送给控制器。

速度伺服指令帧:

仲裁域		控制域						
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4	
ID+0x300	0	0	1	0	1	0	Length 4	
数据域				CRC及其他域				
Data (4Byte)				CRC	ACK		EOF	IFS
D0	D1	D2	D3					
目标速度								

伺服反馈帧:

仲裁域		控制域		数据域						CRC 及其他域
STID/11	R1	DLC/4	Data (16Byte)					
ID+0x50 0	0	Length 16	D0~ D3	D4~ D7	D8~ D11	D12 ~D1 3	D14 ~D1 5
				当前 电流	当前 速度	当前 位置	使能	错误

7. 电流伺服指令包

当机械臂拖动示教模式下，通过控制机械臂关节的电流，配合外部力矩完成拖动示教，每下发一帧电流伺服指令帧，返回一帧伺服反馈帧，上传机械臂动力学关键数据。

电流伺服指令帧:

仲裁域		控制域							
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4		
ID+0x400	0	0	1	0	1	0	Length 4	Length	
数据域					CRC 及其他域				
Data (4Byte)					CRC	ACK		EOF	IFS
D0	D1	D2	D3	目标电流					

伺服反馈帧:

仲裁域		控制域		数据域						CRC 及其他域	
STID/11	R1	DLC/4	Data (16Byte)						
ID+0x5 00	0	Length	D0~ D3	D4~ D7	D8~ D11	D12 ~D1 3	D14~ D15	
				16	当前 电流	当前 速度	当前 位置	使能 状态	错误代 码	

8. 关节状态查询指令包

当机械臂在运行过程中，需要周期性的查询关节的状态，为了提高总线利用率，将常用的关节数据通过一帧指令进行查询，关节收到该指令帧后，将错误代码、系统电压、系统温度、使能状态和当前位置放到一帧关节状态反馈帧内进行反馈。

关节状态查询指令帧:

仲裁域		控制域								
STID/11	R1	IDE	FDF	R0	BRS	ESI	DLC/4			
ID+0x600	0	0	1	0	1	0	Length			
							0			
数据域				CRC 及其他域						
Data (0Byte)				CRC	ACK	EOF	IFS			



关节状态反馈帧：

仲裁域		控制域		数据域							CRC 及 其他域
STID/1 1	R1	DLC/4	Data (16Byte)						
ID+0x7 00	0	Length	D0~ D1	D2~ D3	D4~ D5	D6~D7		D8~ D11	D12~ D15
			12	错误 代码	系统 电压	系统 温度	D6 使能状态	D7 抱闸状态	当前位置	当前 电流

二、关节协议示例

1. 环境配置

仲裁域波特率：1Mbps 80%

数据与波特率：5Mbps 75%

2. IAP 在线更新标志位（必要操作）

指令包：

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x49	0x00

应答包：

CAN-ID	DLC	INDEX	DATA	DATA
0x101	0x03	0x02	0x49	0x01

3. 获取当前关节状态



指令包：

CAN-ID	DLC
0x601	0x00

应答包：

CAN-ID	DLC	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0x701	0x10	0x00	0x00	0xFC	0x08	0xEA	0x01	0x01	0x00
		错误代码		系统电压		系统温度		使能状态	抱闸状态
		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
		0x61	0x0D	0x03	0x00	0xFA	0xFF	0xFF	0xFF
		20.0033							
		当前位置				当前电流			

4. 位置模式控制

(1) 设置工作模式为位置模式

指令包：

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x30	0x03

应答包：

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x30	0x01



(2) 关节通过位置伺服指令运动

通过关节状态查询指令查询到当前角度后，发送位置伺服指令，使关节运动 $\pm 10^\circ$ 以内。例如当前角度为 20° ，关节运动到 30°

指令包：

CAN-ID	DLC	DATA	DATA	DATA	DATA
0x201	0x04	0xE0	0x93	0x04	0x00

应答包：

CAN-ID	DLC	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0x501	0x10	0xC0	0xFF	0xFF	0xFF	0x00	0x00	0x00	0x00
		当前电流					当前速度		
		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
		0x40	0x0D	0x03	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00
		当前位置 (运动开始之前的为位置)				使能状态		错误代码	

再次获取关节状态，当前关节角度相较于开始前的位置 $\pm 10^\circ$

5. 电流模式控制

(1) 设置工作模式为电流模式

指令包：



CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x30	0x01

应答包：

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x30	0x01

(2) 关节通过电流伺服指令运动

发送电流伺服指令，关节根据电流值，正向或反向运动（数据为负值时关节反向运动，数据为正值时，关节正向运动），例如电流为500MA

指令包：

CAN-ID	DLC	DATA	DATA	DATA	DATA
0x401	0x04	0xF4	0x01	0x00	0x00

应答包：

CAN-ID	DLC	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0x501	0x10	0xF3	0xFF	0xFF	0xFF	0x02	0x00	0x00	0x00
		当前电流				当前速度			
		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
		0xB8	0xB0	0x09	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00
		当前位置（运动开始之前的为位置）				使能状态		错误代码	



6. 速度模式控制

(1) 设置工作模式为速度模式

指令包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x30	0x02

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x30	0x01

(2) 关节通过速度伺服指令运动

发送速度伺服指令，关节根据速度值，正向或反向运动（数据为负值时关节反向运动，数据为正值时，关节正向运动），例如速度为：5RPM

指令包:

CAN-ID	DLC	DATA	DATA	DATA	DATA
0x301	0x04	0xC4	0x09	0x00	0x00

应答包:



CAN-ID	DLC	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
0x501	0x10	0xC0	0xFF	0xFF	0xFF	0x00	0x00	0x00	0x00
		当前电流					当前速度		
		D8	D9	D10	D11	D12	D13	D14	D15
		0x76	0x14	0x03	0x00	0x01	0x00	0x00	0x00
		当前位置 (运动开始之前的为位置)					使能状态	错误代码	

7. 清除关节错误

指令包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x0f	0x01

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x0f	0x01

备注:

清除关节错误后，将工作模式切换到位置伺服模式，发送使能指令，关节使能成功

8. 设置关节零位



指令包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x0e	0x01

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x0e	0x01

9. 设置使能状态

上使能:

指令包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x0a	0x01

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x0a	0x01

禁使能:

指令包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x01	0x03	0x02	0x0a	0x00

应答包:

CAN-ID	DLC	CMD	INDEX	DATA
0x101	0x03	0x02	0x0a	0x01



10. 内存控制表

模块本身的信息和控制参数形成了一张一维控制表，在控制芯片的RAM和Flash中各保存一份。在系统上电时，控制芯片从Flash读取控制表到RAM中，在模块运行过程中用户对RAM中的控制表进行读写操作，获取模块状态或对模块进行控制。

若用户对表中的“保存数据到Flash标志”写1，则控制芯片将当前RAM表的内容复制到Flash中，实现断电保存。

默认跟随误差30°。

控制表内容如下：

地址	名称	命令项	权限	初始值
0x00	保留	保留	--	0x1314
0x01	SYS_ID	驱动器 ID	R/W	1
0x03	SYS_FW_VERSION	固件版本，如 0x0102 表示版本号 1.2	R	--
0x04	SYS_ERROR	错误代码	R	--
0x05	SYS_VOLTAGE	系统电压 (0.01V)	R	--
0x06	SYS_TEMP	系统温度 (0.1°C)	R	--
0x07	SYS_REDU_RATIO	模块减速比：	R	与程序编译一致 80/100
0x0a	SYS_ENABLE_DRIVER	驱动器使能标志, 1:使能, 0: 未使能。(禁使能后需要等待 5ms 再下发指令)	R/W	0
0x0b	SYS_ENABLE_ON_POWER	上电使能驱动器标志, 1:使能, 0: 不使能。	R/W	1
0x0c	SYS_SAVE_TO_FLASH	保存数据到 Flash 标志, 1: 保存, 0: 不保存。在掉使能的状态下保存。(发送保存 Flash 后需要等待 50ms 再下发指令)	R/W	0
0x0e	SYS_SET_ZERO_POS	将当前位置设置为零点标志, 1 设置 0 不设置	R/W	0
0x0f	SYS_CLEAR_ERROR	清除错误标志 , 1 清除, 0 不清除	R/W	0
0x10	CUR_CURRENT_L	当前电流低 16 位 (mA)	R	0



0x11	CUR_CURRENT_H	当前电流高 16 位 (mA)	R	--
0x12	CUR_SPEED_L	关节当前速度低 16 位 (RPM, 分辨率 0.02RPM)	R	--
0x13	CUR_SPEED_H	关节当前速度高 16 位 (RPM, 分辨率 0.02RPM)	R	--
0x14	CUR_POSITION_L	当前位置低 16 位 (units), 精度 0.0001°	R	--
0x15	CUR_POSITION_H	当前位置高 16 位 (units), 精度 0.0001°	R	--
0x2A	MOT_MODEL_ID0	模块全球唯一 ID[15:0]	R	
0x2B	MOT_MODEL_ID1	模块全球唯一 ID[31:16]	R	
0x2C	MOT_MODEL_ID2	模块全球唯一 ID[47:32]	R	
0x2D	MOT_MODEL_ID3	模块全球唯一 ID[63:48]	R	
0x2E	MOT_MODEL_ID4	模块全球唯一 ID[79:64]	R	
0x2F	MOT_MODEL_ID5	模块全球唯一 ID[95:80]	R	
0x30	TAG_WORK_MODE	工作模式: 0-开环, 1-电流模式, 2-速度模式, 3-位置模式	R/W	3
0x32	TAG_CURRENT_L	目标电流低 16 位 (mA)	R/W	0
0x33	TAG_CURRENT_H	目标电流高 16 位 (mA)	R/W	0
0x34	TAG_SPEED_L	关节点目标速度低 16 位 (RPM, 分辨率 0.002RPM)	R/W	0
0x35	TAG_SPEED_H	关节点目标速度高 16 位 (RPM, 分辨率 0.002RPM)	R/W	0
0x36	TAG_POSITION_L	目标位置低 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	0
0x37	TAG_POSITION_H	目标位置高 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	0
0x39	Speed feed forward switch	存储的数值是位置环跟随系数, 有效值 0 到 100, 默认值 0	R/W	0
0x40	LIT_MAX_CURRENT	最大电流 (mA)	R/W	--
0x41	LIT_MAX_SPEED	关节最大速度 (RPM, 分辨率 0.01RPM)	R/W	3000
0x42	LIT_MAX_ACC	关节最大加速度 (0.1rpm/s)	R/W	5000
0x43	LIT_MAX_DEC	关节最大减速度 (0.1rpm/s)		
0x44	LIT_MIN_POSITION_L	最小位置低 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	--
0x45	LIT_MIN_POSITION_H	最小位置高 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	--
0x46	LIT_MAX_POSITION_L	最大位置低 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	--
0x47	LIT_MAX_POSITION_H	最大位置高 16 位 (units), 精度 0.0001°	R/W	--

0x49	IAP_FLAG	IAP 在线更新标志位 0-不更新	R/W	
0x51	SEV_CURRENT_P	电流环 P 参数	R/W	--
0x52	SEV_CURRENT_I	电流环 I 参数	R/W	--
0x53	SEV_CURRENT_D	电流环 D 参数	R/W	--
0x54	SEV_SPEED_P	速度环 P 参数	R/W	--
0x55	SEV_SPEED_I	速度环 I 参数	R/W	--
0x56	SEV_SPEED_D	速度环 D 参数	R/W	--
0x57	SEV_SPEED_DS	速度 P 死区	R/W	--
0x58	SEV_POSITION_P	位置环 P 参数	R/W	--
0x59	SEV_POSITION_I	位置环 I 参数	R/W	--
0x5a	SEV_POSITION_D	位置环 D 参数	R/W	--
0x5b	SEV_POSITION_DS	位置 P 死区	R/W	--
0x78	ERROR	错误代码	R	0

需要注意的地方有：

ID 设置成功后需要给关节断电重启，模块将以新 ID 进行通讯。

三、单关节测试工具

1. 启动/关闭设备

(1) 环境配置

CAN转USB工具使用ZLG USBCANFD-100U-mini (选配)，如下图



CAN工具驱动：



并且测试用电脑需要安装VC++环境，如下图，否则无法通信成功；

zlgcan

为满足接口卡接入集成系统的需要，公司推出了统一的编程接口，同时支持CAN和CANFD。除了简单易用的接口，还配以接口使用例程和接口使用说明。本章将对编程接口的使用作详尽的描述，务必带给您更好的体验。
依赖 Microsoft Visual C++运行库版本（必须具备）：2005、2008、2010、2012、2013。
如果发现打开设备失败，请根据软件架构，检查电脑里面的运行环境是否缺失。

(2) 连接设备

- (1) 将关节通过USBCANFD卡连接测试电脑，给关节上电，然后打开RM_JOINT.exe程序；
- (2) 点击通讯设置下的启动设备按钮，启动成功后，会自动更新ID，关节ID显示在“更新ID”左侧，如果没有显示，手动点一下“更新ID”按钮。



- (3) 点击关闭设备按钮，关闭设备

2. 驱动器控制

更新ID后指示灯为绿色表示关节处于使能状态，灰色表示处于禁使能状态。设备连接

正常的情况下，通信计数会一直增加。



备注：

点击使能按钮，关节无法使能成功时，需要到数据显示面板查看是否有错误代码

在数据显示面板下勾选使能数据显示选框，查看有无错误代码，若有错误代码，点击清除错误按钮。错误代码清除后再次点击使能按钮，关节使能成功。



3. 驱动器信息

更新ID后可以在驱动器信息中查看驱动器型号、固件版本、全球唯一 ID，并且可以设置全球唯一 ID，设置完成后立即生效。

驱动器控制 驱动器信息

驱动器型号:	J17	固件版本:	V d5.8
全球唯一ID:	0x	1 2023 925 12 33 3	
唯一ID设置:	0x	0001 2023 1011	设置
		关节号 日期(年) 日期(月日) 硬件版本 流水号1 流水号2	

4. 波形发生器

(1) 勾选波形发生器项，即可设置正弦波频率、幅值（如0.1Hz, 180°）点开始，关节位置会以0.1Hz, 180°正弦波形式转动，此时可以打开示波器显示中的目标位置、实际位置查看位置波形；

波形发生器 数据显示

波形发生器

最大限位:	180	◦	设置	最小限位:	-360	◦	设置	保存到FLASH
波形属性								
波形模式:	正弦波		波形连接:	目标位置				
频率:	0.1	Hz	开始					
幅值:	180	◦	停止					
偏置:	0	◦	清零					

(2) 可设置最大/最小限位，单位°，在输入框中输入值后点设置即生效，但是断电会丢失。点击保存到FLASH按钮，会将最大/最小限位保存，断电后不会丢失。

5. 数据显示

勾选使能数据显示后可以查看当前电流、位置等信息，当关节存在错误时，使能状态为禁使能，可以在此界面查看原因；

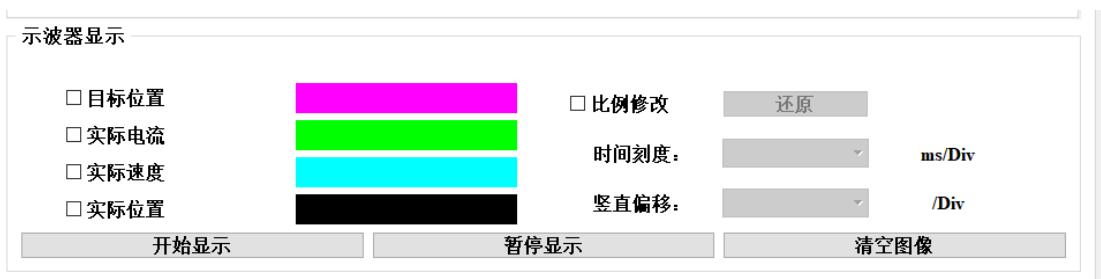


6. 示波器显示

(1) 开始/暂停显示按钮

选择需要显示的复选框，选择后点击开始显示按钮，在左侧波形图上可以查看波形。

点击暂停显示按钮，波形图停止显示。



(2) 清空图像按钮

点击清空图像按钮后，清空当前勾选的选项所显示的波形图。

备注:

- (1) 取消之前勾选并显示过的波形复选框选项后，点击清空图像按钮是不生效的。需要重新勾选之前勾选的显示过的波形复选框，然后再次点击清空图像按钮。
- (2) 波形图是连续不断产生的，若需要彻底清除，先点击暂停显示按钮，再点击清空图像按钮。



(3) 比例修改

默认时间刻度为2000ms/Div， 默认竖直偏移为50/Div，意思是左侧波形图竖直每格表示值50，横向每格表示2s；需要缩放图像，自己按比例选择；恢复默认点还原按钮；

四、附录

附录一：错误代码定义

错误代码 16 位数据每一位代表一种错误，当相应错误产生时，相应位将置 1，出现不可恢复的错误后，模块将自动进入驱动禁能状态，用户需要往“清除错误标志”字段 (0x0f) 写 1 来清除错误。

错误位代表的含义如下：

错误位	定义	说明
0x0001	FOC 频率过高	FOC rate to high
0x0002	过压	over voltage
0x0004	欠压	under voltage
0x0008	过温	over temperature
0x0010	启动过程失败	Startup failed
0x0020	编码器错误	丢零位
0x0040	过流	Error: Over current
0x0080	软件错误	Software Error.
0x0100	温度传感器出错	温度传感器出错标志
0x0200	位置超限错误	当前/目标位置超过限位
0x0400	关节 ID 非法	关节 ID 非法
0x0800	位置跟踪误差超限	目标位置与当前位置差值超过阈值



0x1000	电流检测错误	上电时电流传感器检测错误
0x2000	抱闸失败	打开抱闸失败
0x4000	位置指令阶跃	位置指令阶跃警告
0x8000	多圈丢数	多圈丢数

附录二：标志说明

共有 7 个标志类变量，其值只能为 1 或者 0，其他值无效。具体说明如下表所示。

地址	定义	说明
0x0a	驱动器使能标志	写 1 使能驱动器，写 0 禁能驱动器并打开锁继电器
0x0b	上电使能驱动器标志	1 代表上电即使能驱动器并工作在指定模式，0 代表上电不使能
0x0c	保存数据到 Flash 标志	写入 1 后芯片将当前 RAM 中的控制表写入 Flash 中，系统自动清零
0x0d	自动标定绝对位置标志	写入 1 后驱动器将根据编码器的值标定绝对位置传感器(数字电位器)，并将标定后的数据保存到 Flash 中，必须确保模块当前不带任何负载，并且能够稳定工作在位置伺服模式并且出于使能状态，否则将带来不可预测的后果。系统自动清零
0x0e	将当前位置设置为零点标志	写 1 后将当前的位置保存为零点位置，并立即起作用，数据保存到 Flash 中后下次上电后将使用保存的位置作为零点位置。系统自动清零
0x0f	清除错误标志	写 1 尝试清除当前错误。自动清零

附录三：相关单位说明

10 关节与 30 关节，目标电流和反馈的实际电流，单位为：mA；

60 关节，目标电流和反馈的实际电流，单位为：2mA；

所有关节的电流前馈，单位为：2mA；

目标速度，对象是关节输出端，单位为：0.002RPM；

实际速度，对象是关节输出端，单位为：0.02RPM；

目标位置和反馈的实际位置，对象是关节输出端，单位为：0.0001 度；



电压单位：0.01V

系统温度单位 0.1°C

附录四：工作模式说明

模块共有四种工作模式：开环模式、电流模式、速度模式和位置模式。

四种模式的切换通过改变控制表中的 TAG_WORK_MODE 字段 (0x30) 实现切换。

其中，开环模式直接控制驱动器输出到电机的占空比，容易发生危险，不建议使用。电流模式控制电机输出的目标电流（力矩）。速度模式控制电机输出转速，除非模块能够实现整周转动，否则不建议使用。位置模块控制电机伺服位置。

0x3*字段中的电流、速度和位置只有在模块处于相应工作模式下才起作用。

0x40~0x46 字段中的最大电流、最大速度和最大加/减速度对电流、速度和位置模式均有效，最小V/最大位置只有工作在位置伺服模式有效，其指定了位置伺服的目标值不能设定在该范围以外。若设定的目标位置小于最小值或大于最大值，则模块将只运动到最小值或最大值处。若驱动器使能时模块已经处于范围之外，则需要修改关节的最大/最小限位。

附录五：三闭环控制参数说明

三闭环参数出厂时已调好，如非必要无需再调整，否则将造成不可预测的后果。