

M15^{5A}

222

规格书

版本: V1.2

日期: 2024/05/24



目录

免责声明.....	4
产品使用注意事项.....	5
产品简介.....	6
产品特性.....	6
电机接口及线序说明.....	7
安装指引.....	8
电机驱动使用说明.....	8
通信控制方式.....	9
通讯协议.....	9
保护规定.....	25
固件更新.....	25
包装运输.....	26
电机参数.....	27

◆ 免责声明

感谢您购买东莞市本末科技有限公司（以下简称：本末™科技） M15 系列永磁电动机（以下简称：“电机”）。此说明书将指引用户使用该产品，在使用之前请务必仔细阅读本文并按照相关指引操作，以免造成伤害或损失。您使用本产品将视为您已经接受本规格书及本产品所有相关文档的全部条款和内容。您承诺仅处于正当目的使用本产品及对于使用本产品可能带来的后果负全部责任。本末™科技对于直接或者间接使用该产品而造成的损坏，伤害以及任何法律责任不予负责。

此电机内部型号对应为 M1505A_222，本产品及规格书为东莞市本末科技有限公司版权所有。未经许可，不得以任何形式复制翻印。本产品及规格书所有文档最终解释权与修改权归东莞市本末科技有限公司所有，本末™科技可能会在获得新信息、知识或经验时修改此规格书信息，恕不另行通知。

◆ 产品使用注意事项

在使用电机之前，请注意以下事项：

1. 工作电压确认：确保电机的工作电压符合说明书规定的电压范围。
2. 环境温度限制：请确保电机在规定的环境温度范围内进行使用，避免超出该范围可能引起的性能问题或损坏。
3. 防水注意：请避免将电机浸泡在水中，以免导致电机运行异常或损坏。
4. 正确接线：使用前请确保接线正确、稳固，避免出现接触不良的情况。
5. 安装正确：在使用电机之前，请仔细参考安装说明，确保电机安装正确、稳固。
6. 外部输出部分安装稳固：使用电机前请参考安装说明，确保电机外部输出部分的安装正确、稳固。
7. 线材保护：在使用过程中，请避免损伤电机的线材，以免导致电机运行异常或损坏。
8. 避免触摸转动部分：请在电机运行时避免触摸电机的转动部分，以防止受伤。
9. 热情况注意：在电机大扭矩输出时，可能会出现发热情况，请避免触摸电机，以免烫伤。
10. 禁止私自拆卸：请勿私自拆卸电机，否则可能导致电机异常运行或损坏，并可能带来安全隐患。

请在电机使用之前，仔细阅读和遵守以上注意事项，以确保安全、正常运行，并保护电机的性能和寿命。

◆ 产品简介

M1505A_222 是东莞市本末科技有限公司自主研发的机器人轮足电机。它是一款高性能产品，采用先进技术和创新设计，旨在满足机器人应用的需求。

该电机还具有简化集成和控制的特点，提供标准化接口和友好的调试工具，方便与机器人控制系统的连接和交互。

总之，M1505A_222 是东莞市本末科技有限公司自主研发的高性能机器人电机，以其精准性、扭矩输出、高功率密度、可靠性和低噪音等特点，为机器人应用提供卓越的性能和可靠性。

◆ 产品特性

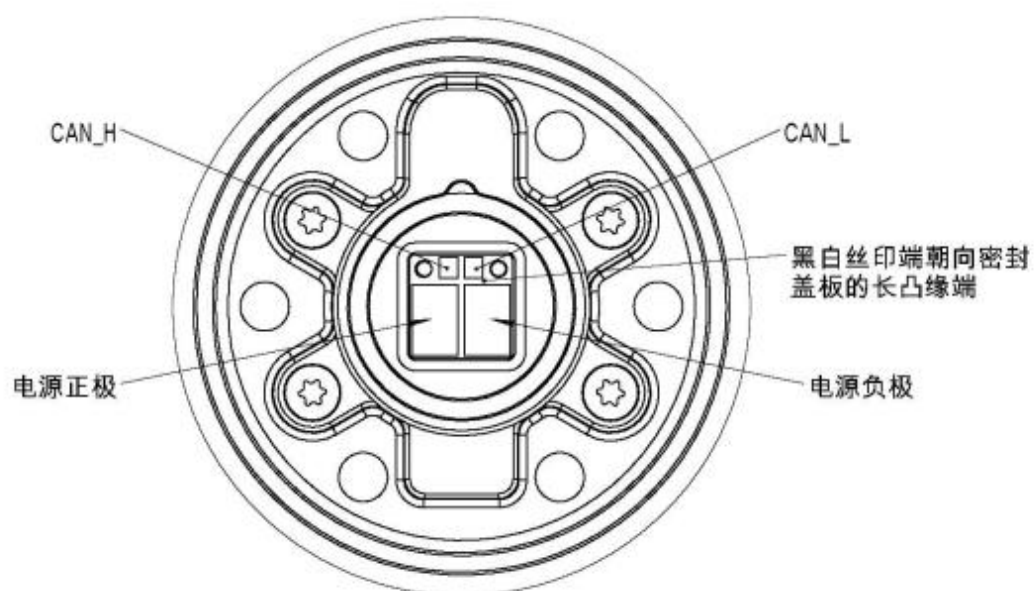
M1505A_222 是一款专为机器人设计的高性能电机，满足机器人电机的各项需求。其特点包括：

1. 高精度和高响应性能：M1505A_222 电机具备出色的位置和速度控制能力，实现精准的运动和定位，响应速度快，适应快速变化的运动需求。
2. 大扭矩输出：M1505A_222 提供强大的扭矩输出，峰值扭矩高达 8Nm，能够应对机器人在各种工作负载下的运动和操作需求，提高机器人的负载能力和工作效率。
3. 高可靠性和耐久性：M1505A_222 电机经过精心设计和制造，具备高可靠性和长寿命特性，确保机器人系统的稳定性和可持续性运作。
4. 噪音和高效能：M1505A_222 电机工作时低噪音、高效能，噪音，效率高。
5. 简化集成和控制：M1505A_222 电机设计考虑了集成和控制的简化，提供标准化接口和多

种通信协议:CAN2.0 和 CANFD，方便与机器人控制系统的连接和交互。

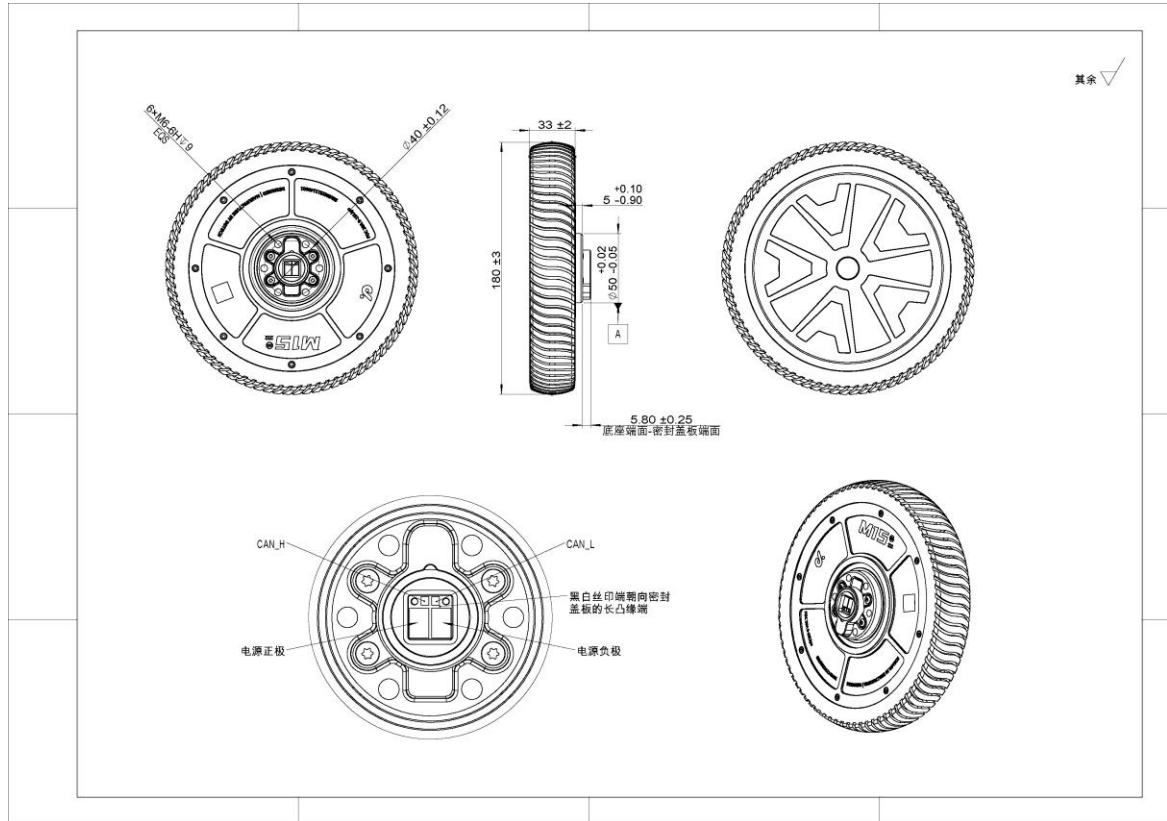
综上所述，M1505A_222 机器人电机具备高精度、高扭矩输出、高功率密度、可靠耐用、低噪音和高效能的特点，能够满足机器人系统对电机的各项要求。

◆ 电机接口及线序说明



◆ 安装指引

请参考电机安装孔尺寸和位置将电机安装到对应设备。单位：mm



◆ 电机驱动使用说明

1. 电机支持通过 USB 转 CAN 工具接入电脑，实现固件升级。
2. 驱动器支持电压开环/电流环/速度环控制。支持 CAN2.0, CANFD。
3. 上电默认处于电流环模式，处于使能状态。

◆ 通信控制方式

CAN 总线协议控制

上电后，按照相关协议发送相关信息即可。设备收到 10 条有效指令，就会触发主动上报。

◆ 通讯协议

波特率：1Mbps（默认）

帧格式：标准帧

协议类型：问询式通用协议

1、电压（Vq）、电流、速度给定

发送指令								
标识符	0x32/0x33							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	给定高 八 位	给定低 八 位	给定高 八 位	给定低 八 位	给定高 八 位	给定低 八 位	给定高 八 位	给定低 八 位
电机 ID	1/5		2/6		3/7		4/8	
反馈内容								
标识符	0x96 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	速度测 量值高 八 位	速度测 量值低 八 位	转矩电 流值高 八 位	转矩电 流值低 八 位	位置值 高八位	位置值 低八位	故障值	当前模 式

注：

1、给定值与当前的电机模式对应，例如：当前电流环模式，那么给定值即为电流值

2、0x32 指令对应设置 ID1-4, 0x33 指令对应设置 ID5-8.

3、范围

· 转矩电流值 (Iq)：-16383 ~ 16383

(实际的 Iq 电流值 = 设置值 * 55 / 32767, 单位是 A)

· 速度值：-5000 ~ 5000, 对应于 -500RPM ~ 500RPM

· 电压给定值 0 ~ -16384 对应反转零速到最高速, 0 ~ 16384 对应正转零速到最

高速

4、返回变量

· 速度：中心轴转速，分辨率 0.1RPM；

· 电流：实际 Iq 电流值 = 反馈电流值 * 55 / 32767, 单位是 A

· 位置：0 ~ 32767, 对应 0 ~ 360°;

5、故障值及对应故障描述：

故障值	故障描述
0x00	无故障
0x02	欠压 2 (母线电压 < 18V)
0x01	欠压 1 (18V < 母线电压 < 20V)
0x03	过压 (母线电压 > 36V)
0x0A	过流 (默认: 母线电流 > 35A)
0x20	过温 1 (电机绕组温度 > 80°C)
0x1F	过温 2 (电机绕组温度 > 110°C)
0x29	采样电阻故障
0x2A	位置传感器自身故障
0x2B	位置传感器信号被干扰
0x2D	温度传感器超出量程
0x3C	通信超时(默认无保护, 需用户自行开启)
0x62	堵转(默认: 电流 > 5A 并且 转速为 0)

2、电机校准

电机校准								
标识符	0x104							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00
电机ID	1	2	3	4	5	6	7	8

注：

- 1、出厂已校准，非必要情况无需校准。
- 2、该设置无回复，电机收到指令后会缓慢转动来进行校准。可以此判断指令是否有效。
- 3、注意，校准时电机不能带载。
- 4、不区分ID，总线上电机都会响应。

3、设置模式

设置模式								
标识符	0x105							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	模式值	模式值	模式值	模式值	模式值	模式值	模式值	模式值
电机ID	1	2	3	4	5	6	7	8
反馈内容								
标识符	0x200 + 电机 ID							
数据域	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA	DATA

	[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
内容	当前模式值	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF

模式值	说明
0X00	电压开环
0x01	电流环
0x02	速度环
0x09	失能模式
0x0A	使能模式（默认使能）

注：

- 1、运行过程中无法切换模式，切换模式需在电机转速为零时完成
- 2、在使用过程中触发保护则进入失能模式
- 3、进入失能模式，需先使能才能切换模式以及给定控制值
- 4、执行设置模式操作电机仍主动上报信息，可通过查看主动反馈信息中的模式值判断是否设置成功
- 5、模式设置参数掉电不保存

4、设置反馈方式

设置反馈方式								
标识符	0x106							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式	反馈 方式
电机ID	1	2	3	4	5	6	7	8
反馈内容								
标识符	0x264 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	反馈方 式值	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF

注：

- 反馈方式：数据为 8 位
 - 最高位设置反馈方式为主动上报或查询方式，1 为查询方式，0 为主动上报方式。
 - 低 7 位为主动上报方式下的上报频率，单位 ms ， 范围为1~127ms
- 示例： 数据 0b1000 0000 ——表示设置为查询方式；
 数据 0b0100 0000 ——表示设置为 64ms 上报一次数据；
- 查询方式下，设置上报频率无效，没有设置反馈方式时为默认状态，默认状态为 1ms 的主动上报方式，且断电不保存。

5、查询操作（仅反馈方式为查询方式时有效）

发送指令								
标识符	0x107							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	查询 目标 内容1	查询 目标 内容2	查询 目标 内容3	自定义值	保留	保留	保留
反馈内容								
标识符	0x96 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	查询目 标1高 八 位	查询目 标1低 八 位	查询目 标2高 八 位	查询目 标2低 八 位	查询目 标3高 八 位	查询目 标3低 八 位	自定义 值	保留

查询目标	内容
0x01	查询速度
0x02	查询母线电流
0x03	查询绕组温度
0x04	查询位置值
0x05	查询故障值
0x06	查询当前模式
自定义值	任意设置，范围 0~255，用于区分返回帧
保留	任意值

示例：电机接收到如下帧：

标识符：0x107

数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	0x01	0x01	0x03	0x04	0xAA	保留	保留	保留

反馈内容为：

标识符：0x97

数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	速度高 八 位	速度低 八 位	电机温 度高八 位	电机温 度低八 位	电机位 置高八 位	电机位 置低八 位	0xAA	保留

6、电机 ID 设置

发送指令								
标识符	0x108							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	保留	保留	保留	保留	保留	保留	保留
反馈内容								
标识符	0x96 + 电机ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF

注：

- 1、默认ID是4；

- 2、每次上电仅支持设置一次电机ID，可通过反馈标识符判断是否设置成功；
- 3、只有在电机失能的状态下才能进行ID设置；
- 4、所设参数掉电保存。

7、电机 CAN 终端电阻选通设置

发送指令								
标识符	0x109							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1
电机ID	1	2	3	4	5	6	7	8
反馈内容								
标识符	0x390 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	0/1	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF

注：

- 1、0 —— 断开终端电阻(默认断开) 1 —— 接入终端电阻
- 2、参数掉电不保存

8、电机固件版本查询

发送指令								
标识符	0x10A							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	0X00	0X00	0X00	0X00	0X00	0X00	0X00	0X00
反馈内容								
标识符	0x2C8 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	软件大 版本	软件小 版本	硬件大 版本	硬件小 版本	年	月	日

例如：010101030116020F 表示：电机ID为1；软件大版本01、软件小版本01(即软件版本1.1)；
硬件大版本03、硬件小版本01(即硬件版本3.1)；16020F表示最近修改日期(即22年02月15日)

注：版本查询完成，电机主动上报默认反馈信息

9、通讯超时读写操作设置

发送指令								
标识符	0x10B							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	通信超 时设置 标志	读写标 志	超时时 间设置 高八位	超时时 间设置 低八位	0X00	0X00	0X00
反馈内容								

标识符	0X32C + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	通信超 时设置 标志	0XFF	超时时 间设置 高八位	超时时 间设置 低八位	0XFF	0XFF	0XFF

注:

- 1、通信超时设置标志：0X10 —— 设置；0X11 —— 复位(恢复为默认值)
- 2、读写标志：0X01 —— 写；0X00 —— 读
- 3、该参数设置完成之后需发送参数保存指令进行参数保存
- 4、参数保存：发送参数保存指令(见：第11章：参数保存)
- 5、超时时间设置范围：0~65535(默认值为0),单位ms。即：1000ms = 1s。在设置时间内电机未接收到驱动信息则停机

10、电机 PI 参数调节

(1) 电流环输出占空比最大值调节

发送指令								
标识符	0x10C							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	模式	最大占 空比高 八位	最大占 空比低 八位	保留	保留	保留	保留
反馈内容								
标识符	0x3F4 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]

内容	电机ID	模式	最大占空比高八位	最大占空比低八位	保留	保留	保留	保留
----	------	----	----------	----------	----	----	----	----

注：

- 1、模式：见(3)模式值与对应描述
- 2、占空比输出值：8500 ~ 9600
- 3、实际占空比 = 占空比输出值 / 100；如输出值是9300，则最大占空比是93%

(2) 电流环带宽调节

发送指令								
标识符	0x10C							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	模式	带宽高八位	带宽低八位	保留	保留	保留	保留
反馈内容								
标识符	0x3F4 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	模式	带宽高八位	带宽低八位	保留	保留	保留	保留

注：

- 1、模式：见(3)模式值与对应描述
- 2、环带宽范围： 10 ~ 2000

(3)模式值与对应描述

模式	描述
0x11	修改电流环输出最大占空比
0x21	修改电流环带宽值

0xFF	复位所有的环路 PID 参数
------	----------------

注:

- 1、复位参数后也许选择模式0xFE进行复位后的参数保存; 复位后使用默认参数
- 2、非设置参数情况下, 电机使用内部固化参数
- 3、所有设置值均需给定非0值
- 4、上述所有参数设置完成之后需发送参数保存指令进行参数保存
- 5、参数保存: 发送参数保存指令(见: 第11章: 参数保存)

11、参数保存

发送指令								
标识符	0x10C							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	0xFE	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00
反馈内容								
标识符	0x3F4 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机 ID	模式	0xFE	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00

注:

- 1、模式: 反馈当前控制模式
(0 —— 开环、1 —— 电流环、2 —— 速度环)

12、反馈数据最后一字节设置

发送指令								
标识符	0x10E							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	最后一字节设置标志	读写标志	模式	0X00	0X00	0X00	0X00
反馈内容								
标识符	0x4BC + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	最后一字节设置标志	0XFF	模式	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF

注：

- 1、最后一字节设置标志：0X30 —— 设置；0X31 —— 复位
- 2、读写标志：0X01 —— 写；0X00 —— 读
- 3、0X00: 反馈电机控制模式(默认反馈控制模式)
0X01: 反馈电机绕组温度
- 4、参数不保存，上电后可多次重复设置

13、过温、过流保护开关选通设置

发送指令								
标识符	0x110							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]

内容	电机ID	开关选通标志	读写标志	0 / 1	0X00	0X00	0X00	0X00
反馈内容								
标识符	0x584 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	开关选通标志	0XFF	0 / 1 / 2	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF

注：

- 1、过温、过流开关选通标志：0X50 —— 设置；0X51 —— 复位
- 2、读写标志：0X01 —— 写；0X00 —— 读
- 3、0——开启(默认开启过温、过流保护)；
1——关闭；
2——设置失败(表示给定值非0或1，需重新设置)
- 4、该参数设置完成之后需发送参数保存指令进行参数保存
- 5、参数保存：发送参数保存指令(见：第11章：参数保存)

14、CAN 速率设置

发送指令								
标识符	0x111							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	速率设置标志	读写标志	1/2/3	0X00	0X00	0X00	0X00
反馈内容								
标识符	0x5E8 + 电机 ID							
数据域	DATA [0]	DATA [1]	DATA [2]	DATA [3]	DATA [4]	DATA [5]	DATA [6]	DATA [7]
内容	电机ID	速率设置标志	0XFF	1/2/3	0XFF	0XFF	0XFF	0XFF

注:

- 1、速率设置标志: 0X60 —— 设置; 0X61 —— 复位
- 2、读写标志: 0X01 —— 写; 0X00 —— 读
- 3、 1——CAN2.0, 500kbps;
2——CAN2.0, 1Mbps (默认);
3——CANFD, 5Mbps;
- 4、该参数设置完成之后需发送参数保存指令进行参数保存
- 5、参数保存: 发送参数保存指令(见: 第11章: 参数保存)
- 6、设置并保存好后, 需要重新上电才能生效

◆ 保护规定

故障码含义：

故障值	故障描述
0x00	无故障
0x02	欠压 2 (母线电压 < 18V)
0x01	欠压 1 (18V < 母线电压 < 20V)
0x03	过压 (母线电压 > 36V)
0x0A	过流 (默认: 母线电流 > 35A)
0x20	过温 1 (电机绕组温度 > 80℃)
0x1F	过温 2 (电机绕组温度 > 110℃)
0x29	采样电阻故障
0x2A	位置传感器自身故障
0x2B	位置传感器信号被干扰
0x2D	温度传感器超出量程
0x3C	通信超时(默认无保护, 需用户自行开启)
0x62	堵转(默认: 电流 > 5A 并且 转速为 0)

◆ 固件更新

使用 USB 转 CAN 工具，将电机连接至计算机，利用上位机软件进行固件更新。

◆ 包装运输

运输方式：电机内部含有磁性装置，我司将采用陆运物流运输。

◆ 电机参数

电调测试电机参数

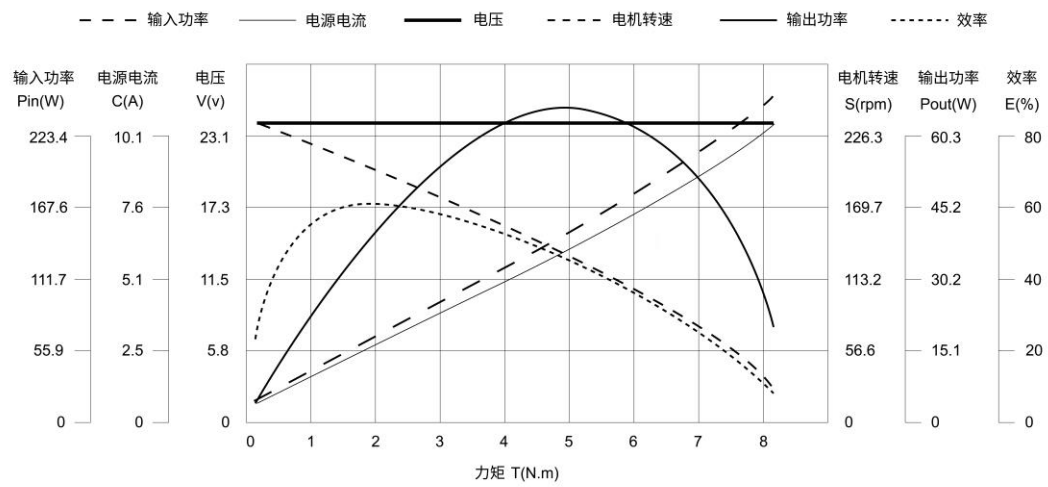
空载转速（电流环）	250rpm±8% (2.4m/s)
空载电流	≤0.6A
额定转速	175rpm±5% (1.65m/s)
额定转矩	3Nm
额定电流	4±0.2A
额定电压	24VDC
电压范围	18-36VDC
最大效率	≥55%
堵转扭矩	≥7.5Nm
堵转电流	≤12A
转矩常数	0.83 Nm/A
防护等级	IP65
噪音	≤65dBA
绝缘等级	F
电机重量	1.54Kg
编码器位数	15 位
电机控制方式	FOC

高校RM比赛平衡步兵实测数据（25Kg整机双驱下）：

- 1、平地速度可2m/s
- 2、30度坡速度可1m/s，可驻坡

未经特殊说明，上述电流均为母线电流。

电流环负载特性曲线 (24VDC 下测得)



工作温度	-20℃ ~ 50℃
温升	220RPM/1Nm ，环境温度 30℃ ，外壳温度≤80℃
工作湿度	< 95%
储存温度	-20℃ ~ 60℃
存储湿度	< 85%
工作寿命	电机运行总时间 400H，功能、性能正常 (采用对拖方式，220RPM/1Nm)

变更履历

变更内容	变更人员	版本信息	日期
初版规格书	项目组	V1.0	2024/05/08
1、调整结构尺寸图，电机尺寸未变 2、加入机器人测试速度	项目组	V1.1	2024/05/18
1、加入终端电阻选通指令 2、加入 Vq 电压值给定范围 3、加入特性曲线	项目组	V1.2	2024/05/24



E-mail: MKT@DirectDriveTech.com

广东省东莞市松山湖高新技术产业开发区怡乐路一号中集产城数字科技产业园南区三号楼二层

2nd Floor, Building 3, South District, Digital Technology Industrial Park, CIMC Industrial City, No. 1, Yile Road, Songshan Lake High-tech Development Zone, Dongguan, Guangdong Province