

# DAMIAO | 达妙科技

## DM-H3510 轮毂电机

使用说明书 V1.0 2025.1.2



日期	版本	变更内容
2025.1.2	V1.0	初版创建

## 免责声明

感谢您购买达妙科技 DAMIAO DM-H3510 轮毂电机（以下简称“电机”）。在使用本产品之前，请仔细阅读并遵循本文及达妙科技提供的所有安全指引，否则可能会给您和周围的人带来伤害，损坏本产品或其他周围物品。一旦使用本产品，即视为您已经仔细阅读本文档，理解、认可和接受本文档及本产品所有相关文档的全部条款和内容。您承诺仅出于正当目的使用本产品。您承诺对使用本产品以及可能带来的后果负全部责任。达妙科技对于直接或间接使用本产品而造成的损坏、伤害以及任何法律责任不予负责。

DAMIAO 是深圳市达妙科技有限公司的商标。本文出现的产品名称、品牌等，均为其所属公司的商标。本产品及手册为深圳市达妙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。本文档及本产品所有相关的文档最终解释权归深圳市达妙科技有限公司所有。如有更新，恕不另行通知。

## 注意事项

1. 请严格按照规定的工作环境及绕组最大允许温度范围使用电机，否则会对产品造成永久性不可逆转的损坏。
2. 避免杂物进入转子内部，否则会导致转子运行异常。
3. 使用前请检查各零部件是否完好。如有部件缺失、老化、损坏等，请停止使用。
4. 确保正确接线，电机安装正确、稳固。
5. 使用时勿触摸电子转子部分，避免意外发生。电机大扭矩输出时，会出现发热的情况，请注意避免烫伤。
6. 用户请勿私自拆卸电机，否则会影响电机的控制精度，甚至会导致电机运行异常。


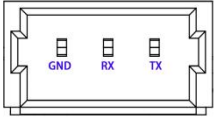

## 电机特色

1. 电机和驱动器一体化设计，结构紧凑，集成度高。
2. 可通过 CAN 总线反馈电机速度、位置、转矩、电机温度等信息。
3. 具有双温度保护功能。
4. 上位机可视化调参，通过简单配置即可使用。
5. 支持 CAN FD 功能，最高波特率可达 5Mbps。
6. 低速、大扭矩。
7. 多种控制模式灵活切换。

## 物品清单

类别	清单
电机 (含驱动)	1、电机（含驱动）×1 2、电源+CAN 通信端子连接线：SH1.0 连接线-8pin (200mm)×1 3、调试串口信号线：SH1.0 连接线-3pin (200mm)×1 建议另行采购转接板：转接板(SH1.0 3pin+8pin 转 XT30 +GH1.25)，电机无配套。
电机 + USB 转 CAN	1、电机（含驱动）×1 2、电源+CAN 通信端子连接线：SH1.0 连接线-8pin (200mm)×1 3、调试串口信号线：SH1.0 连接线-3pin (200mm)×1 4、USB 转 CAN 调试工具×1 建议另行采购转接板：转接板(SH1.0 3pin+8pin 转 XT30 +GH1.25)，电机无配套。
电机 + USB 转 CAN + 转换板	1、电机（含驱动）×1 2、电源+CAN 通信端子连接线：SH1.0 连接线-8pin (200mm)×1 3、调试串口信号线：SH1.0 连接线-3pin (200mm)×1 4、USB 转 CAN 调试工具×1 5、转换板(SH1.0 3pin+8pin 转 XT30 +GH1.25)
电机 + 转换板	1、电机（含驱动）×1 2、电源+CAN 通信端子连接线：SH1.0 连接线-8pin (200mm)×1 3、调试串口信号线：SH1.0 连接线-3pin (200mm)×1 4、转换板(SH1.0 3pin+8pin 转 XT30 +GH1.25)

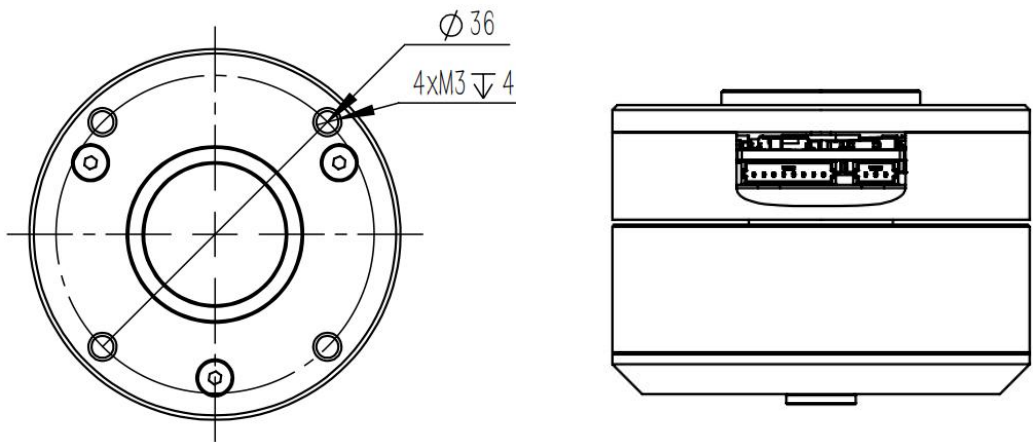
接口及线序说明

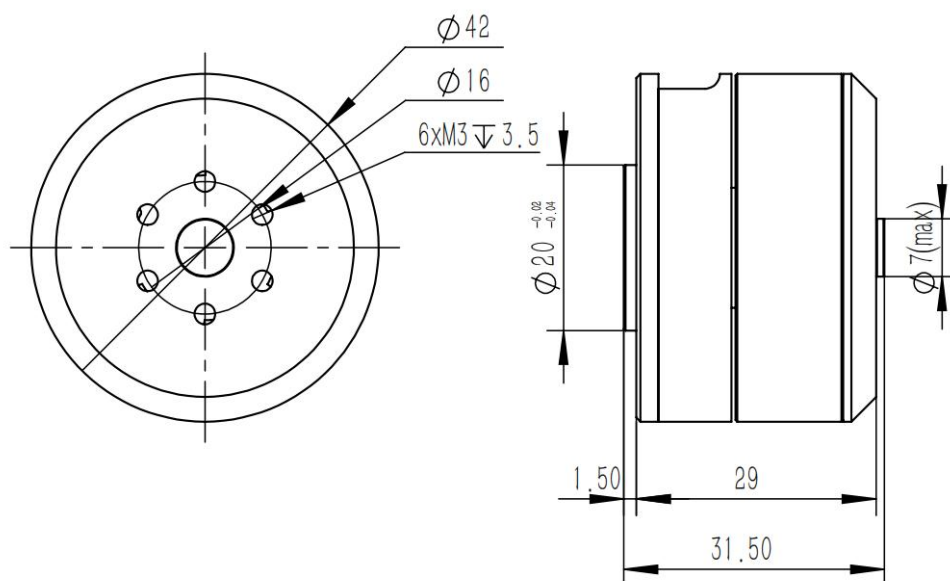
具体名称-序号	接口标注	说明
电源+CAN 通信端子		1、通过 SH1.0 8pin 电源线连接线连接电源，额定电压为 24V（支持 24-30V），为电机供电。 2、通过 CAN 通信端子连接外部控制设备，可接收 CAN 控制命令，反馈电机状态信息。
调试串口		通过 SH1.0 连接线-3pin，中间连接转换板 (SH1.0 3pin+8pin 转 XT30+GH1.25)，使用 USB 转 CAN 调试工具(或使用通用 USB 转串口模块)连接到 PC，通过达妙科技调试助手对电机进行参数设置，以及固件升级等。
终端电阻开关		电机配置终端电阻，默认打开。

注意：连接线插入电机端口时，请注意端子的正反方向，避免端子针脚歪斜破损。

电机尺寸及安装

请参考电机安装孔尺寸和位置将电机安装到对应设备。

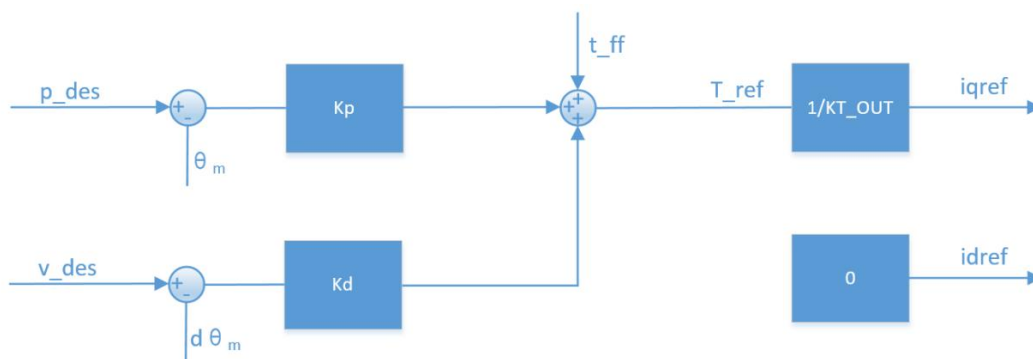




## 工作模式

### ❖ MIT 模式

MIT 模式是为了兼容原版 MIT 模式所设计，可以在实现无缝切换的同时，能够灵活设定控制范围 ( $P\_MAX, V\_MAX, T\_MAX$ )，电调将接收到的 CAN 数据转化成控制变量进行运算得到扭矩值作为电流环的电流给定，电流环根据其调节规律最终达到给定的扭矩电流。其控制示意框图如下：

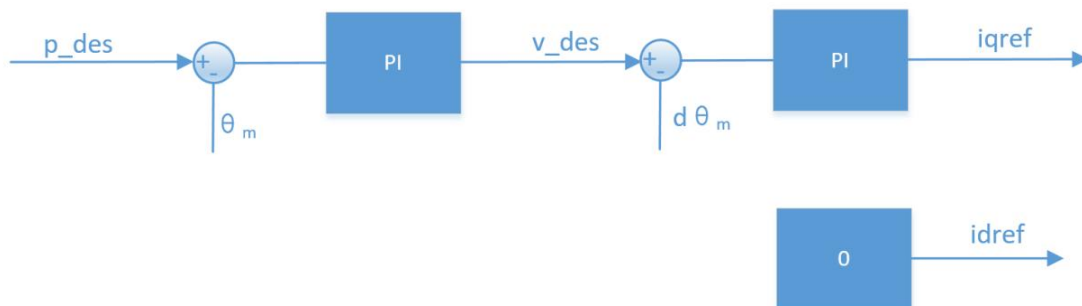


根据 MIT 模式可以衍生出多种控制模式，如  $k_p=0, k_d$  不为 0 时，给定  $v\_des$  即可实现匀速转动； $k_p=0, k_d=0$ ，给定  $t\_ff$  即可实现给定扭矩输出。

**注意：**对位置进行控制时， $k_d$  不能赋 0，否则会造成电机震荡，甚至失控。

## ❖ 位置速度模式

位置串级模式是采用三环串联控制的模式，位置环作为最外环，其输出作为速度环的给定，而速度环的输出作为内环电流环的给定，用以控制实际的电流输出，其控制示意框图见下图：



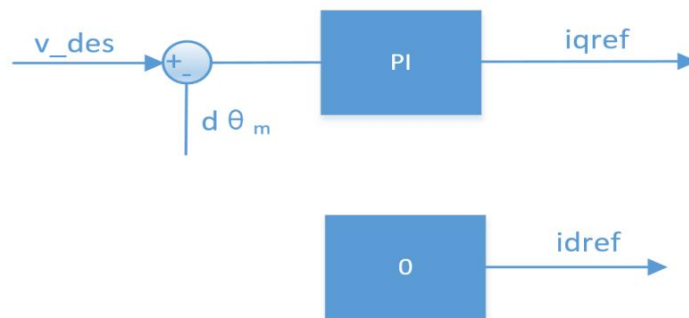
$p\_des$  为控制的目标位置， $v\_des$  是用来限定运动过程中的最大绝对速度值。

位置串级模式如使用调试助手推荐的控制参数控制，可以达到较好的控制精度，控制过程相对柔顺，但响应时间相对较长。可配置的相关参数除  $v\_des$  外，另有加/减速度进行设定，如控制过程中产生额外的震荡可提高加/减速度。

注意：  $p\_des$ ，  $v\_des$  单位分别为  $rad$  和  $rad/s$ ，数据类型为  $float$ ，阻尼因子必须设置为非 0 的正数，可参考速度模式的注意事项。

## ❖ 速度模式

速度模式能让电机稳定运行在设定的速度，其控制示意框图如下：

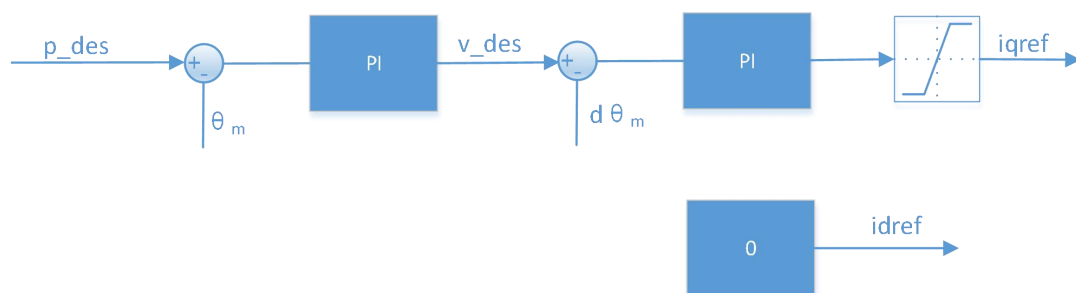


注意：  $v\_des$  单位为  $rad/s$ ，数据类型为  $float$ ，如需使用调试助手自动计算参数，则需要设置阻尼因子为非 0 正数，通常情况下取值在 2.0~10.0，过小的阻尼因子会带来速度的震荡以及较大的过冲，过大的阻尼因子则会带来较长的上升时间，推荐的设定值为 4.0。

## ❖ 力位混控模式

力位混控模式为在位置速度模式控制的基础上动态控制输出扭矩的大小，其控制框图如

下：



在速度环的输出指令后增加了电流指令饱和环节,使得电流环的给定限定在给定范围内。

## 使用说明

控制使用 CAN 标准帧格式,固定波特率为 1Mbps,按功能可分为接收帧和反馈帧,接收帧为接收到的控制数据,用于实现对电机的命令控制;反馈帧为电机向上层控制器发送电机的状态数据。根据电机选定的不同模式,其接收帧帧格式定义以及帧 ID 各不相同,但各种模式下的反馈帧是相同的。

### ❖ 反馈帧

反馈帧 ID 由调试助手设置 (Master ID),默认为 0,主要反馈电机的位置,速度和扭矩信息,其帧格式定义为:

反馈报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	ID ERR<<4	POS[15:8]	POS[7:0]	VEL[11:4]	VEL[3:0] T[11:8]	T[7:0]	T_MOS	T_Rotor

其中:

ID 表示控制器的 ID,取 CAN\_ID 的低 8 位

ERR 表示状态,对应状态类型为:

- 0——失能;
- 1——使能;
- 8——超压;
- 9——欠压;
- A——过电流;
- B——MOS 过温;
- C——电机线圈过温;
- D——通讯丢失;
- E——过载;

POS 表示电机的位置信息

VEL 表示电机的速度信息

T 表示电机的扭矩信息

T\_MOS 表示驱动上 MOS 的平均温度，单位℃

T\_Rotor 表示电机内部线圈的平均温度，单位℃

位置、速度和扭矩采用线性映射的关系将浮点型数据转换成有符号的定点数据，其中位置采用 16 位数据，速度和扭矩均使用 12 位。

### ❖ MIT 模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
ID	p_des [15:8]	p_des [7:0]	v_des [11:4]	v_des[3:0] Kp[11:8]	Kp [7:0]	Kd [11:4]	Kd[3:0] t_ff[11:8]	t_ff[7:0]

帧 ID 等于设定的 CAN ID 值

P\_des: 位置给定

V\_des: 速度给定

Kp: 位置比例系数

Kd: 位置微分系数

T\_ff: 转矩给定值

各参数符合上一节的映射关系，其中 p\_des, v\_des, t\_ff 的范围可由调试助手进行设定，Kp 的范围为[0,500]，Kd 的范围为[0,5]。

标准 CAN 数据一帧只有 8 个字节，MIT 的控制命令格式将 Position、Velocity、Kp、Kd、Torque 五个参数按位组合在 8 个字节中。其中：Position 占用 2 个字节 16 位、Velocity 占用 12 位、Kp 占用 12 位、Kd 占用 12 位。

### ❖ 位置速度模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x100+ID	p_des				v_des			

帧 ID 为设定的 CAN ID 值加上 0x100 的偏移

P\_des: 位置给定，浮点型，低位在前，高位在后

V\_des: 速度给定，浮点型，低位在前，高位在后

此处发送命令的 CAN ID 是 0x100+ID。速度给定是电机运行过程中最高限速，即为匀速段的速度值。

### ❖ 速度模式下控制帧

控制报文	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
------	------	------	------	------



0x200+ID	v_des
----------	-------

帧 ID 为设定的 CAN ID 值加上 0x200 的偏移

V\_des: 速度给定, 浮点型, 低位在前, 高位在后

此处发送命令的 CAN ID 是 0x200+ID。

## ❖ 力位混控模式下控制帧

控制报 文	D[ 0]	D[ 1]	D[ 2]	D[ 3]	D[ 4]	D[ 5]	D[ 6]	D[ 7]
0x300+ ID	p_des				v_des		i_des	

P\_des: 位置给定, 单位为 rad, 浮点类型, 低位在前, 高位在后;

V\_des: 限速值, 单位 rad/s, 放大 100 倍, 类型为无符号 16 位, 低位在前, 高位在后, 范围为 0-10000, 超过 10000 会限制在 10000, 故对应的实际速度限定幅值为 0~100rad/s;

I\_des: 扭矩电流限定标么值, 放大 10000 倍, 类型为无符号 16 位,, 低位在前, 高位在后, 范围为 0-10000, 超过 10000 会限制在 10000, 对应的实际电流限定标么幅值为 0-1.0

电流标么值: 实际电流值除以最大相电流值。

## ❖ 使能

上电自检完毕后需发送“使能”命令才可以进行控制。“使能”帧属于控制帧, 帧 ID 如前所述, 不同的是数据段, 无论处于哪种模式, “使能”的数据定义是相同的, 如下:

D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFC

## ❖ 失能

失能为电机上电默认状态, 此时电机三相端子电压波形相同, 均为电源电压的 50%调制波。“失能”帧属于控制帧, 帧 ID 如前所述, 数据段定义如下:

D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFD

## ❖ 保存位置零点

“保存位置零点”帧属于控制帧, 该命令会将当前输出轴的位置设定成零点, 并将位置给定值设置成 0, 帧 ID 如前所述, 数据段定义如下:

D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFE

## ❖ 清除错误

电机出现过热等错误时，发送“清除”命令可以清除错误。“清除”帧属于控制帧，帧 ID 如前所述，数据段定义如下：

D[0]	D[1]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFB

## ❖ 读取参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0x33	RID

RID 为寄存器地址,见附录<寄存器列表及范围>

读取成功后，会返回该寄存器的数据，帧格式如下：

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0x33	RID	数据			

数据为浮点型数据或无符号整型，占用 32 位共 4 字节，低位 D4，最高位为 D7，下同。

## ❖ 写入参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0x55	RID	数据			

RID 如上，写成功后会返回写入的数据，帧格式与发送的相同。

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]	D[4]	D[5]	D[6]	D[7]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0x55	RID	数据			

写寄存器数据立即生效，但无法进行存储，掉电后丢失，需要发送存储参数的命令，将修改的参数全部写入片内。

## ❖ 存储参数

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
0x7FF	STD	CANID_L	CANID_H	0xAA	0x01

写入成功后，返回格式为：

报文 ID	属性	D[0]	D[1]	D[2]	D[3]
MST_ID	STD	CANID_L	CANID_H	0xAA	0x01

注意：

- 1.存储参数只在失能模式下生效。
- 2.存储参数时将一次性保留全部参数。
- 3.该操作将参数写入片内 flash 中，每次操作时间最大为 30ms，请注意留足足够的时间。
4. flash 擦写次数约 1 万次，请不要频繁发送“存储参数”指令。

## ❖ 模式切换

支持多种模式互相切换，目前支持的控制模式如下：

编码	模式
1	MIT
2	位置速度
3	速度
4	力位混控

通过修改模式寄存器(0x0A)的值，即可修改模式，模式切换时，电机首先清零指令值，包括位置，速度，以及 MIT 模式里的扭矩前馈和 KP,KD 的值。

由一种模式切换到位置控制的模式时，为防止冲击，建议先读取精确的位置（寄存器 0x50 的值）后，再考虑切换，尽量在电机零速的时候进行切换。

模式修改后，不会存入 flash 中，掉电会丢失，重新上电后，控制模式设置为上次存入 flash 中的模式。

## ❖ CAN 波特率修改

通过向波特率寄存器(地址为 0x23)写入特定的数据，可以修改当前的 CAN 通讯波特率，支持特定波特率修改，目前可支持的波特率如下：

编码	波特率
0	125K
1	200K
2	250K
3	500K
4	1M
5	2M
6	2.5M
7	3.2M
8	4M
9	5M

修改波特率成功后，驱动器先以原波特率反馈数据，之后以新的波特率进行通讯。上电后电机先判断存储的波特率，若大于 5Mbps，则自动默认为 1Mbps，对于大于 1Mbps(不包含 1Mbps)将自动变成 CAN FD 功能；若波特率小于等于 1Mbps，自动变成 CAN 2.0B。设置成 CAN FD 的电机仍可以接受到 CAN 2.0B 数据帧，但发送反馈帧时采用 CAN FD，因此上层控制器将接收不到反馈数据，并且驱动器会不断报错。采用 CAN 2.0B 的控制器设置错 ID 后，仍可以通过修改波特率的命令改回波特率。

## ❖ 寄存器列表及范围

地址 (HEX)	地址 (DEC)	变量	描述	读写	范围	类型
0x00	0	UV_Value	低压保护值	RW	(10.0, fmax]	float
0x01	1	KT_Value	扭矩系数	RW	[0.0, fmax]	float
0x02	2	OT_Value	过温保护值	RW	[80.0, 200)	float
0x03	3	OC_Value	过流保护值	RW	(0.0, 1.0)	float
0x04	4	ACC	加速度	RW	(0.0, fmax)	float
0x05	5	DEC	减速度	RW	[-fmax, 0.0)	float
0x06	6	MAX_SPD	最大速度	RW	(0.0, fmax]	float
0x07	7	MST_ID	反馈 ID	RW	[0, 0x7FF]	uint32
0x0A	8	ESC_ID	接收 ID	RW	[0, 0x7FF]	uint32
0x09	9	TIMEOUT	超时警报时间	RW	[0, 2 <sup>32</sup> -1]	uint32
0x0A	10	CTRL_MODE	控制模式	RW	[0, 4]	uint32
0x0B	11	Damp	电机粘滞系数	RO	/	float
0x0C	12	Inertia	电机转动惯量	RO	/	float
0x0D	13	hw_ver	保留	RO	/	uint32
0x0E	14	sw_ver	软件版本号	RO	/	uint32
0x0F	15	SN	保留	RO	/	uint32
0x10	16	NPP	电机极对数	RO	/	uint32
0x11	17	Rs	电机相电阻	RO	/	float
0x12	18	Ls	电机相电感	RO	/	float
0x13	19	Flux	电机磁链值	RO	/	float
0x14	20	Gr	齿轮减速比	RO	/	float
0x15	21	PMAX	位置映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x16	22	VMAX	速度映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x17	23	TMAX	扭矩映射范围	RW	(0.0, fmax]	float
0x18	24	I_BW	电流环控制带宽	RW	[100.0, 1.0e4]	float
0x19	25	KP_ASR	速度环 Kp	RW	[0.0, fmax]	float
0x1A	26	KI_ASR	速度环 Ki	RW	[0.0, fmax]	float
0x1B	27	KP_APR	位置环 Kp	RW	[0.0, fmax]	float
0x1C	28	KI_APR	位置环 Ki	RW	[0.0, fmax]	float
0x1D	29	OV_Value	过压保护值	RW	TBD	float
0x1E	30	GRES	齿轮力矩效率	RW	(0.0, 1.0]	float
0x1F	31	Deta	速度环阻尼系数	RW	[1.0, 30.0]	float
0x20	32	V_BW	速度环滤波带宽	RW	(0.0, 500.0)	float
0x21	33	IQ_c1	电流环增强系数	RW	[100.0, 1.0e4]	float
0x22	34	VL_c1	速度环增强系数	RW	(0.0, 1.0e4]	float
0x23	35	can_br	CAN 波特率代码	RW	[0, 4]	uint32
0x24	36	sub_ver	子版本号	RO	/	uint32
0x32	50	u_off	u 相偏置	RO	/	float
0x33	51	v_off	v 相偏置	RO	/	float

0x34	52	k1	补偿因子 1	R0	/	float
0x35	53	k2	补偿因子 2	R0	/	float
0x36	54	m_off	角度偏移	R0	/	float
0x37	55	dir	方向	R0	/	float
0x50	80	p_m	电机当前位置	R0	/	float
0x51	81	xout	输出轴位置	R0	/	float

RW：可读写。

RO：只读。

## 使用达妙科技调试助手

使用达妙科技 USB 转 CAN 调试工具，连接电脑和电机，通过达妙科技助手对电机进行参数设置以及固件升级。

电机调试串口通过 GH1.25 连接线-3pin 连接 PC，电机电源接口中 CAN 通信端子通过 XT30(2+2)-F 插头连接线连接 USB 转 CAN 调试工具，通过达妙科技调试助手对电机进行参数设置，以及固件升级等。

电机的串口、CAN 口以及电源接口连通后，电脑端打开达妙科技调试助手，选择相应的串口设备并打开串口。此时给电机供电，串口会打印信息，Control Mode 指示当前驱动模式。

详细调试过程参考：调试助手使用说明书(达妙驱动控制协议) V1.4.pdf

下载链接：

<https://gitee.com/kit-miao/damiao/tree/master/%E5%85%B3%E8%8A%82%E7%94%B5%E6%9C%BA/%E6%8E%A7%E5%88%B6%E5%8D%8F%E8%AE%AE>

## 特征参数

请根据以下参数合理使用电机。

电机参数	额定电压	24V
	额定电流	1.1A
	峰值电流	3.2A
	额定扭矩	0.18NM
	峰值扭矩	0.45NM
	额定转速	500rpm
	空载最大转速	1800rpm;
电机特征值	减速比	1: 1
	极对数	7
	相电感	1.67uh
	相电阻	2.25Ω
结构与重量	外径	42mm
	高度	31.5mm
	电机重量	约 g
编码器	编码器类型	磁编
通讯	控制接口	CAN@1Mbps、CANFD@5Mbps
	调参接口	UART@921600bps
控制与保护	控制模式	MIT 模式
		速度模式
		位置模式
		力位混控模式
	保护	驱动过温防护, 防护温度: 120℃, 过温电机将退出“使能模式”
		电机过温防护, 根据使用需求设定, 建议不超过 100℃, 过温电机将退出“使能模式”
		电机过压防护, 根据使用需求设定, 建议不超过 30V, 过压将退出“使能模式”
		通讯丢失防护, 设定周期内没有收到 CAN 指令将自动退出“使能模式”
		电机过流防护, 根据使用需求设定, 建议不超过 9.8A, 过流将退出“使能模式”
		电机欠压防护, 若电源电压低于设定值, 则退出“使能模式”, 电源电压不低于 15V