

P10^{10A}

减速电机

规格书



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） P10 系列永磁减速电动机（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 P1010A_111，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

在使用关节减速电机之前，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。

11、说明书中相关参数如没做特殊说明，均是在 48VDC 下测的。

请在使用关节减速电机之前，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。

简介

P1010A_111 是东莞市本末科技有限公司自主研发的机器人关节电机。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。

P1010A_111 电机具备高精度和高响应性能，能够实现精准的运动和定位。它提供强大的扭矩输出，适应不同负载的运动和操作需求。

该电机具有高功率密度和紧凑的尺寸，能够提高机器人的灵活性和携带能力。同时，它也注重可靠性和耐久性，适应长时间运行和频繁负载变化的工作环境。

P1010A_111 电机运行时低噪音，为工作环境提供舒适的操作体验。高效能的设计和运行有助于降低能源消耗，提高系统的能源利用效率。

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，P1010A_111 是东莞市本末科技有限公司自主研发的高性能机器人关节电机，以其精准性、高扭矩输出、高功率密度、高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。

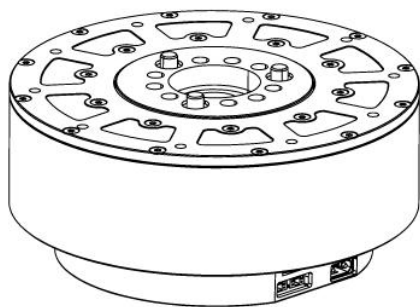
产品特性

P1010A_111 是一款专为机器人关节设计的高性能电机，满足机器人关节电机的各项需求。其特点包括：

- 1、高精度和高响应性能：P1010A_111 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：P1010A_111 提供强大的扭矩输出，峰值扭矩高达 90Nm，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、高功率密度和小尺寸：P1010A_111 电机具备高功率密度设计，以较小的体积提供较高的功率输出，有助于减小机器人的体积和重量，提高运动灵活性和携带能力。
- 4、高可靠性和耐久性：P1010A_111 电机经过精心设计和制造，具备高可靠性和长寿命特性，能够持续运行并承受频繁的运动和负载变化，确保机器人系统的稳定性和可持续性运作。
- 5、低噪音和高效能：P1010A_111 电机工作时低噪音、高效能，减少机器人操作过程中的设计和运行降低能源消耗，提高系统的能源利用效率。
- 6、简化集成和控制：P1010A_111 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：CANFD/CAN2.0/RS485，方便与机器人控制系统的连接和交互。用户友好的软件界面和调试工具简化电机的配置和调试过程。

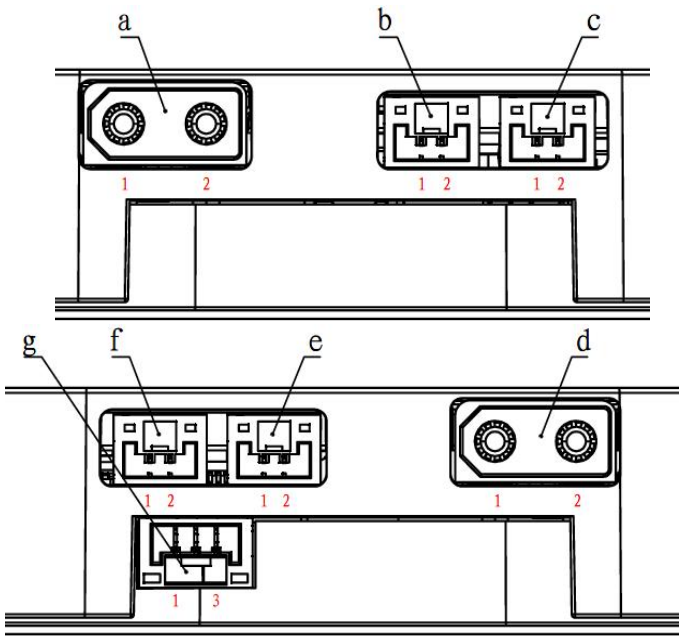
综上所述，P1010A_111 机器人关节电机具备高精度、高扭矩输出、高功率密度、可靠耐用、低噪音和高效能的特点，能够满足机器人系统对关节电机的各项要求。

物品清单

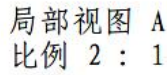


- 电机*1 台

接口及线序说明



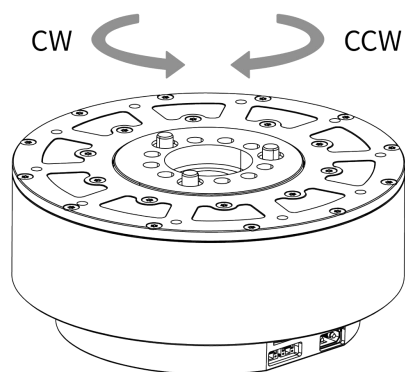
端口序号	端子型号	引脚序号	功能定义
a、d	XT30PW-M	1	电源负极
		2	电源正极
b、e	GH1.25-2PWBPZ	1	485-A
		2	485-B
c、f	GH1.25-2PWBPZ	1	CAN-H
		2	CANL
g	GH1.25-3PWBPZ	1、2、3	未开放(USART)



安装描述:

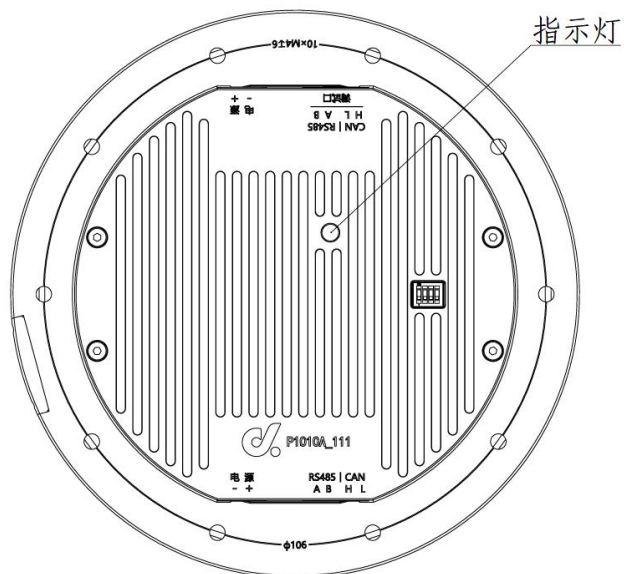
电机转子端安装螺纹孔为 M5，深度 6.5mm；电机壳体安装螺纹孔为 M4，深度 6mm，螺丝长度超长可能会损坏电机，请选择合适的螺丝进行安装。

电机转向



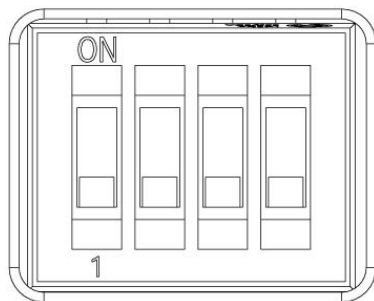
指示灯和拨码开关

● 指示灯描述



- 指示灯常亮表示发生故障；
- 指示灯闪烁表示系统正常运行。

● 拨码开关设置



- 第 1 位置位于 ON 处，表示使能 CAN 通讯 120R 端接电阻；
- 第 2 位置位于 ON 处，表示使能 485 通讯 120R 端接电阻；
- 第 3 位和第 4 位，未开放。

使用

CAN 通信协议

1、驱动命令给定

· 电机接收报文格式：

标识符：0x32/0x33 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	给定 高 8 位	给定 低 8 位	给定 高 8 位	给定 低 8 位	给定 高 8 位	给定 低 8 位	给定 高 8 位	给定 低 8 位
电机 ID	1/5		2/6		3/7		4/8	

· 电机反馈报文格式：

标识符：0x50+电机 ID 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	速度 高 8 位	速度 低 8 位	IQ 高 8 位	IQ 低 8 位	绝 对 位 置高 8 位	绝 对 位 置低 8 位	电压 高 8 位	电压 低 8 位

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) 在电机使能后给定指令有效，且给定后会返回值。电机未使能给定无效，无返回。
- (3) 设定值公式及范围

	设定值	范围
电压	设定值 = 给定电压值 (V) * 100	0.0 ~ +/-Vbus (V)
电流	设定值 = 给定电流值 (A) * 100	0.0 ~ +/-75.0 (A)
速度	设定值 = 给定速度值 (RPM) *10	0 ~ +/-1600RPM
位置	设定值 = 给定值 (Cycles) * 100	0.0 ~ +/-50 (圈)

(4) 返回值

- 返回变量速度：中心轴转速，分辨率 0.1；
- 返回变量电流：IQ 实际反馈电流，分辨率 0.01 (即：反馈数值 / 100 为实际 IQ 电流)；
- 返回值绝对位置：0 - 32768；
- 返回值电压：系统母线电压，分辨率 0.1 (即：反馈数值 / 10 为实际母线电压)；

(5) 0x32 指令对应设置 ID1-4，0x33 指令对应设置 ID5-8。

2、反馈方式设置

· 电机接收报文格式：

标识符：0x34 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	反馈模式	反馈时间	上报数据 1	上报数据 2	上报数据 3	上报数据 4	保留

· 电机反馈报文格式：

标识符：0x60+电机 ID 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	反馈模式	反馈时间	上报数据 1	上报数据 2	上报数据 3	上报数据 4	保留

· 注：

(1) DATA[1]=0：查询模式；当为查询模式时，DATA[2]-DATA[6] 忽略。

(2) DATA[1]=1：主动上报模式；当为主动上报模式时，DATA[2]为主动上报的间隔时间（单位：ms），范围 1-255ms。DATA[3]- DATA[6] 为要查询的数据代号，可参考附录 1（反馈数据代号表）。

举例：DATA[3]- DATA[6] 分别为 1、2、3、4，那么主动上报的时候上报的数据为：速度、母线电流、IQ、当前位置。

(3) 默认为查询模式，此模式设置断电不保存。

(4) 当设置 ID 不匹配时无返回；当查询的数据不在此范围时，返回 0xFFFF。

3、主动数据查询

· 电机接收报文格式：

标识符：0x35 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	查询数据 1	查询数据 2	查询数据 3	查询数据 4	保留	保留	保留	保留

· 电机反馈报文格式：

标识符：0x70+电机 ID 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	查询数据 1 高 8 位	查询数据 1 低 8 位	查询数据 2 高 8 位	查询数据 2 低 8 位	查询数据 3 高 8 位	查询数据 3 低 8 位	查询数据 4 高 8 位	查询数据 4 低 8 位

- 注：
 - (1) 查询数据代号参考附录 1（反馈数据代号表）
 - (2) 当查询数据不在此范围时，返回 0xFFFF。
 - (3) 对所有电机有效。

4、参数设置

- 电机接收报文格式：

标识符：0x36 帧类型：标准帧
帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	参数序号	设置值 BYTE0	设置值 BYTE1	设置值 BYTE2	设置值 BYTE3	保留	保留

- 电机反馈报文格式：

标识符：0x80+电机 ID 帧类型：标准帧
帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	参数序号	设置值 BYTE0	设置值 BYTE1	设置值 BYTE2	设置值 BYTE3	0xFF	0xFF

- 注：
 - (1) 设置的数据 data= (DATA[5]<<24) | (DATA[4]<<16) | (DATA[3]<<8) | DATA[2]
 - (2) 参数序号参考附录 2（指令参数表）

5、参数读取

- 电机接收报文格式：

标识符：0x37 帧类型：标准帧
帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	参数序号	保留	保留	保留	保留	保留	保留

- 电机反馈报文格式：

标识符：0x90+电机 ID 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

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 值 BYTE3	查 询 值 BYTE2	查 询 值 BYTE1	查 询 值 BYTE0	0xFF	0xFF	0xFF

· 注：

(1) 要读的数据 data= (DATA[1]<<24) | (DATA[2]<<16) | (DATA[3]<<8) | DATA[4]

(2) 参数序号参考附录 2（指令参数表）

6、电机状态控制命令

· 电机接收报文格式：

标识符：0x38 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	CMD	CMD	CMD	CMD	CMD	CMD	CMD	CMD
电机 ID	1	2	3	4	5	6	7	8

· 电机反馈报文格式：

标识符：0xA0+电机 ID 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	控 制 模 式	CMD	校 准 状 态	故障码	报警码	0xFF	0xFF

· 注：

(1) CMD=0，保留；CMD=1，电机失能；CMD=2，电机使能。

(2) 校准状态：=1，校准成功；=0，校准失败。

(3) 在校准失败或者有故障码的情况下，电机是不会响应给定指令的。

7、参数保存

· 电机接收报文格式：

标识符：0x39 帧类型：标准帧

帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	保 存 命 令	设 置 绝 对 值 零 位	保留	保留	保留	保留	保留	保留

· 电机反馈报文格式：

标识符：0xB0+电机 ID 帧类型：标准帧
帧格式：DATA DLC：8 字节

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	电机 ID	保存命令	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF

· 注：

- (1) DATA[0]=1 时，进行 Flash 保存。
- (2) DATA[1]=1 时，将当前位置设置绝对位置零点，并保存。
- (3) Flash 和绝对零点不可同时保存，如在发送指令中如果存在 DATA[0] 和 DATA[1] 都为 1，按照保存 Flash 处理，此时不会进行绝对零位设置。不区分 ID。

8、软件复位

· 电机接收报文格式：

标识符：0x40 帧类型：标准帧
帧格式：DATA DLC：8 字节

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

· 注：

- (1) 不区分电机 ID，对所有电机进行软件复位
- (2) 无反馈报文

● RS485 通讯协议

- 每条指令的长度都是 11 字节；
- CRC-8 采用 CRC8-MAXIM 的计算方法。

1、驱动命令给定

· 电机接收报文格式：

· 命令：0x32/0x33

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令高 8 位	命令低 8 位	给定高 8 位	给定低 8 位	给定高 8 位	给定低 8 位	给定高 8 位	给定低 8 位
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	给定高 8 位	给定低 8 位	CRC8 值					

· 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) 在电机使能后给定指令有效，且给定后会返回值。电机未使能给定无效，无返回。
- (3) 设定值公式及范围

	设定值	范围
电压	设定值 = 给定电压值 (V) * 100	0.0 ~ +/-Vbus (V)
电流	设定值 = 给定电流值 (A) * 100	0.0 ~ +/-75.0 (A)
速度	设定值 = 给定速度值 (RPM) *10	0 ~ +/-1600RPM
位置	设定值 = 给定值 (Cycles) * 100	0.0 ~ +/-50 (圈)

(4) 返回值

- 返回变量速度：中心轴转速，分辨率 0.1；
- 返回变量电流：IQ 实际反馈电流，分辨率 0.01 (即：反馈数值 / 100 为实际 IQ 电流)；
- 返回值绝对位置：0 - 32768；
- 返回值电压：系统母线电压，分辨率 0.1 (即：反馈数值 / 10 为实际母线电压)；
- (5) 0x32 指令对应设置 ID1-4，0x33 指令对应设置 ID5-8。
- (6) 无电机反馈接收报文。

2、主动数据查询

- 电机接收报文格式：
- 命令：0x35

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	查询数据 1	查询数据 2	查询数据 3	查询数据 4	保留
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

- 电机反馈报文格式：
- 命令：0x70+电机 ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	查询数据 1	查询数据 1	查询数据 2	查询数据 2	查询数据 3	查询数据 3

			高 8 位	低 8 位	高 8 位	低 8 位	高 8 位	低 8 位
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	查 询 数 据 4 高 8 位	查 询 数 据 4 低 8 位	CRC8 值					

- 注：
 - (1) 查询数据代号参考附录 1（反馈数据代号表）
 - (2) 当查询数据不在此范围时，返回 0xFFFF。

3、参数设置

- 电机接收报文格式：
- 命令：0x36

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	参数序 号	设 置 值 BYTE0	设 置 值 BYTE1	设 置 值 BYTE2	设 置 值 BYTE3
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

- 电机反馈报文格式：
- 命令：0x80+电机 ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	参数序 号	设 置 值 BYTE0	设 置 值 BYTE1	设 置 值 BYTE2	设 置 值 BYTE3
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

- 注：
 - (1) 设置的数据 $data = (DATA[7] \ll 24) \mid (DATA[6] \ll 16) \mid (DATA[5] \ll 8) \mid DATA[4]$
 - (2) 参数序号参考附录 2（指令参数表）

4、参数读取

- 电机接收报文格式：
- 命令：0x37

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	参数序 号	保留	保留	保留	保留
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					

内容	保留	保留	CRC8 值
----	----	----	--------

- 电机反馈报文格式：
- 命令：0x90+电机 ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	查 询 值 BYTE3	查 询 值 BYTE2	查 询 值 BYTE1	查 询 值 BYTE0	0xFF
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	0xFF	0xFF	CRC8 值					

- 注：
- (1) 要读的数据 data= (DATA[3]<<24) | (DATA[4]<<16) | (DATA[5]<<8) | DATA[6]
- (2) 参数序号参考附录 2（指令参数表）

5、电机状态控制命令

- 电机接收报文格式：
- 命令：0x38

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	CMD	保留	保留	保留	保留
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

- 电机反馈报文格式：
- 命令：0xA0+电机 ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	控 制 模 式	CMD	校 准 状 态	故障码	报警码
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	0xFF	0xFF	CRC8 值					

- 注：
- (1) CMD=0，保留；CMD=1，电机失能；CMD=2，电机使能。
- (2) 校准状态：=1，校准成功；=0，校准失败。
- (3) 在校准失败或者有故障码的情况下，电机是不会响应给定指令的。

6、参数保存

- 电机接收报文格式：

· 命令：0x39

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	保存命令	设置绝对 值零位	保留	保留	保留
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

· 电机反馈报文格式：

· 命令：0xB0+电机 ID

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	电机 ID	保 存 命 令	0xFF	0xFF	0xFF	0xFF
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	0xFF	0xFF	CRC8 值					

· 注：

- (1) DATA[3]=1 时，进行 Flash 保存。
- (2) DATA[4]=1 时，将当前位置设置绝对位置零点，并保存。
- (3) Flash 和绝对零点不可同时保存，如在发送指令中如果存在 DATA[3] 和 DATA[4] 都为 1，按照保存 Flash 处理，此时不会进行绝对零位设置。

7、软件复位

· 电机接收报文格式：

· 命令：0x40

数据域	DATA[0]	DATA[1]	DATA[2]	DATA[3]	DATA[4]	DATA[5]	DATA[6]	DATA[7]
内容	命令 高 8 位	命令 低 8 位	0x01	保留	保留	保留	保留	保留
数据域	DATA[8]	DATA[9]	DATA[10]					
内容	保留	保留	CRC8 值					

· 注：

- (1) 不区分电机 ID，对所有电机进行软件复位
- (2) 无电机反馈报文

固件升级

- 1、将 USB 转串口工具与电机相连，然后工具再通过 TYPE-C 线连接到电脑。
- 2、打开上位机 DDT_MC_TOOL，选择好对应的端口、设备 ID、通讯方式后，点击“打开”。

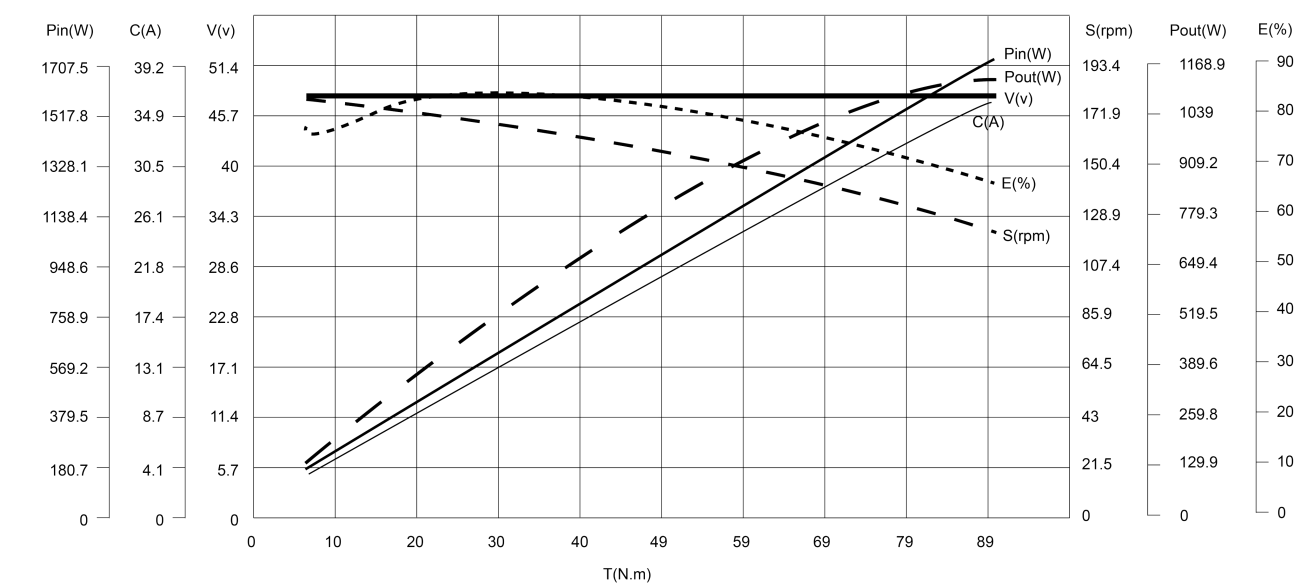


- 3、打开后点击“OTA 升级”页面，设备类型选择“P1010A”。
- 4、点击“固件选择”，选择要升级的固件后，点击“开始升级”即可开始升级。

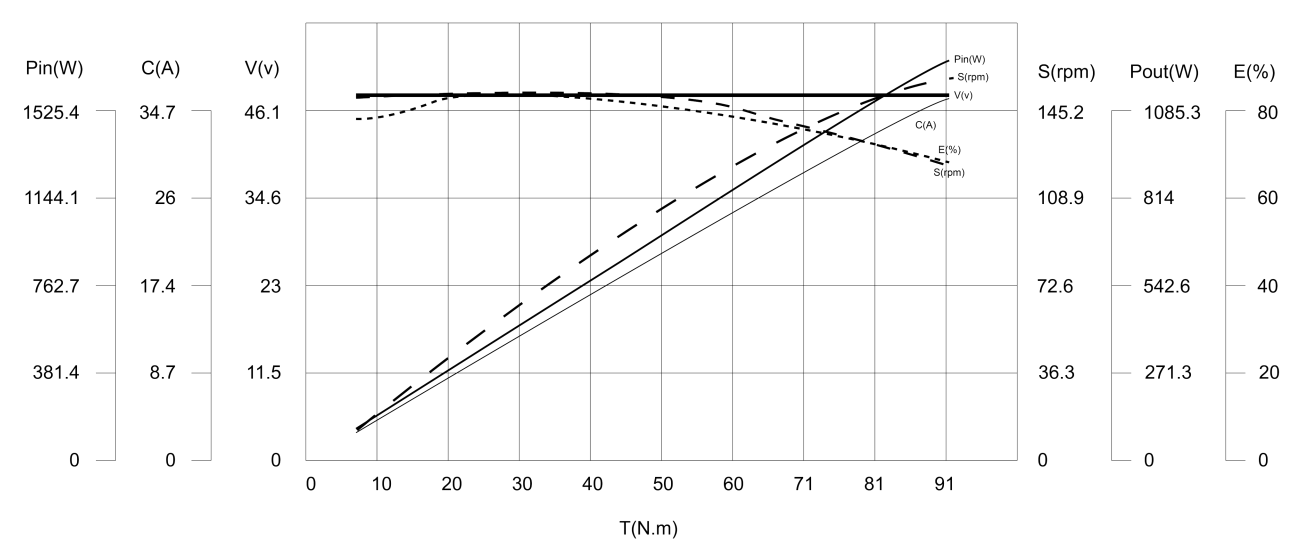


电机参数

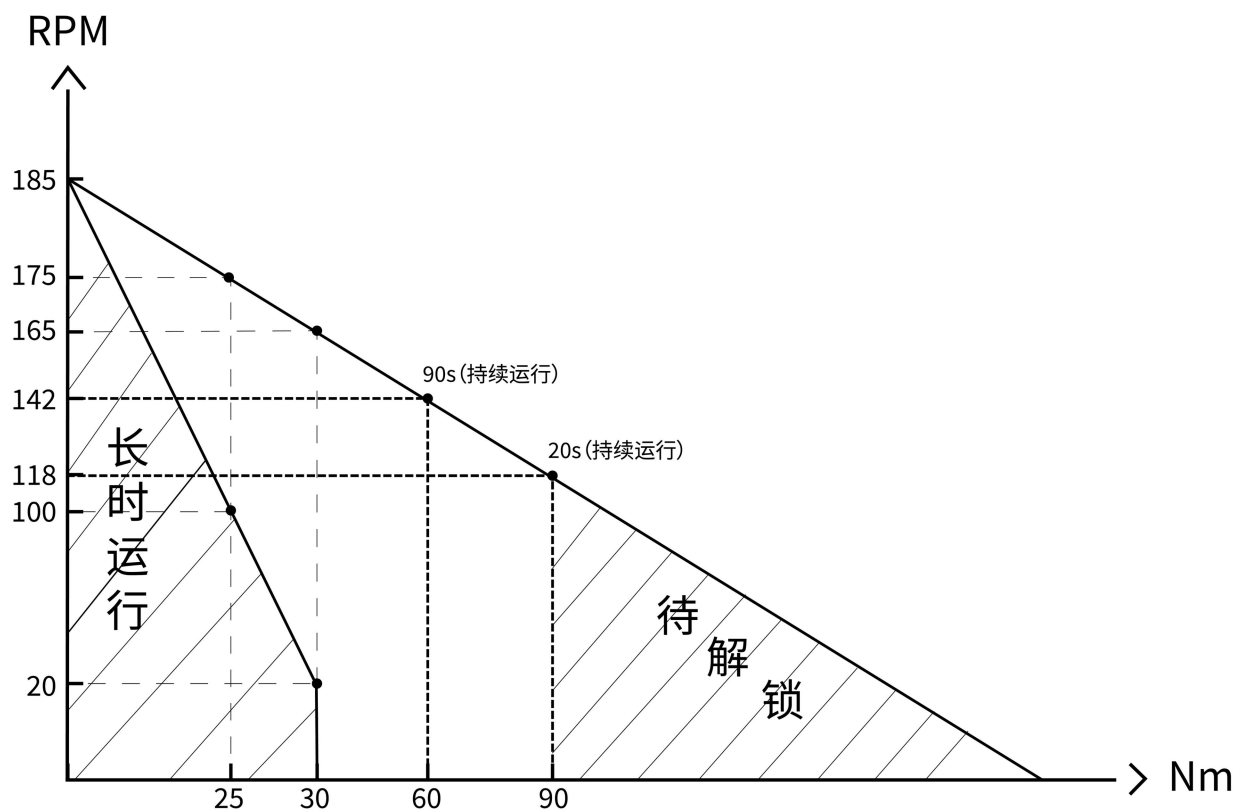
▪ 电流环负载特性曲线（48VDC 下测得）



▪ 速度环 150RPM 负载特性曲线（48VDC 下测得）



工作范围（48VDC 下测得）



注：待解锁区域可联系厂家进行设置解锁。

· 电机参数明细表（48VDC 下测得）

电调测试电机参数	
空载转速（电流环）	≥180RPM
空载电流（电流环）	≤0.9A
额定转速	100±3RPM
额定转矩	25Nm
额定电流（母线）	6.6A±0.3A
额定电压	48VDC
电压范围	36-60VDC（默认欠过压值）
最大效率	≥80%
过载扭矩	≥90Nm
过载电流(母线)	≥35.0A
转矩常数	2.5 Nm/A
防护等级	IP2X
噪音	≤65dBA (检验依据 GB/T 4214.1-2017,150rpm 转速下)
绝缘等级	F
电机极对数	21
电机槽数	36
电机重量	1.4Kg
编码器位数	15 位（转子位置检测）+15 位（绝对位置检测）
电机控制方式	FOC
相电阻	0.146Ω
相电感	0.160mH
轴向最大负载	1500N
径向最大负载	300N

轴承基本额定静载荷	8080N
使用环境温度	-20 ~ 50℃
转子惯量	5350g/cm ²
减速比	10: 1
背隙	< 8arcmin

附录

● · 附录 1（反馈数据代号表）

1：中心轴速度*10	8：电机绕组温度
2：母线电流*100	9：当前模式
3：IQ*100	10：当前系统电压*10
4：转子位置（0-32768）	11：当前转的圈数累计*100
5：故障信息	12：当前系统状态
6：警告信息	13：绝对位置（0-32768）
7：MOS 温度	14：相电流最大值*100

● · 附录 2（指令参数表）

（类型参考：1=unsigned int 2=signed int 3=float x=未知）

序号	参数	类型	范围	注释
0	保留	x		
1	版本号	1	None	只读。 Bit31-12:日期, Bit11-9:硬件大版本, Bit8-6:硬件小版本, Bit5-3:软件大版本, Bit2-0:软件小版本。 如：230409 硬件 1.1 软件 1.1 值应写为：0x38409 249
2	序列号	1		产品序列号
3	初始相位	1	0-32768	只读
4	编码器码数	1	0-32768	只读
5	PWM 频率	1	None	单位 Hz，只读。
6	校准最大相电流	3	None	单位 A，只读，接收数据 / 100 即等于实际电流。
7	母线过流点	3	1.0-45.0	单位 A，只能在电机失能时设置。 实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 40A。

8	绝对值零位值	1	0-32768	只读。绝对值编码器相对于用户设置的绝对值零位的偏移量值。
9-10	保留	x		
11	故障屏蔽	1	None	Bit31-Bit0 每个位可屏蔽不同的故障（目前仅bit15-bit0 有效），具体位对应的描述见表 2。默认 0。
12	保留	x		
13	用户零位	1	0-32768	当前位置（转子位置）设置为用户零点。位置闭环使用此零位。默认 0。
14-16	保留	x		
17	位置前馈使能	1	None	暂未启用。
18	速度前馈使能	1	None	暂未启用。
19	力矩前馈使能	1	0/1	只能在电机失能时设置, 否则指令无效, 无返回。0-失能, 1-使能, 默认使能。
20	陷波器使能	1	None	暂未启用。
21	保留	x		
22	总线心跳使能	1	0/1	使能后, 在设定的的时间内（序号: 47）内, 无通信, 会报错。0-失能, 1-使能, 默认失能。
23	保留	x		
24	位置规划使能	1	0/1	位置环模式分为带曲线规划（T 型）和不带曲线规划。0-失能, 1-使能, 默认使能。
25-27	保留	x		
28	电机工作模式	1	0-4	电机工作模式设置: 0 电压开环 1: MIT(暂未实现) 2: 电流环 3: 速度环 4: 位置环, 只能在电机失能时设置, 超出范围时指令无效, 无返回。默认 2, 即电流环模式。
29-41	保留	x		
42	电机 ID	1	1-8	只能在电机失能时设置, 超出范围时指令无效,

				无返回。 默认 1。
43	CAN 波特率	1	Bit7-bit 4: 0/1 Bit3-Bit 0: 1-11	Bit7-bit4: 0: 普通 CAN; 1: CANFD; Bit3-Bit0: 1:500K; 2:1M; 3:5M; 只能在电机失能时设置, 超出范围指令无效, 无返回 设置完成保存参数掉电重启生效。 默认 CAN-1Mbps, 超过 0x13, 按照默认值来处理。 (注: 当前硬件版本最大支持 5M)
44	SCI 通信波特率	1	0-7	暂未启用
45	SCI 通信模式	1	0-2	暂未启用
46	保留	x		
47	心跳时间	1	5-1000	单位: ms, 只能在电机失能时设置, 超出范围会被限制。最大 1000, 最小 5, 默认 1000。
48-54	保留	x		
55	ADC 基准允许误差	1	0-248	驱动板上电时 ADC 输出相对于 1.65V 基准的最大误差: $248/4095*3.3 = 0.1998V$ 设置完成之后保存, 掉电重启生效。 默认 200。
56-60	保留	x		
61	额定电流	3	1-45	用于判断过载使用, 过载 1.5 倍时 15S 保护, 2 倍时 5S 保护, 2.5 倍时 2S 保护。 实际发送数据=想要设置的值*100 只能在电机失能时设置, 超范围设置无效, 无返回。 默认 34A。
62	极对数	1	1-30	只读
63	保留	x		
64	转动惯量	1	None	暂未启用。
65-73	保留	x		
74	位置环	3		实际发送数据=想要设置的值*100。

	Kp			默认 6600。
75	位置环 Ki	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 0。
76	位置环 Kd	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 10000。
77	位置规划最大速度	1	1-转速限制值	位置曲线模式下有效，位置环执行频率 20K。 默认 100。
78	位置规划加速度	1	1-转速限制值	位置曲线模式下有效，位置环执行频率 20K。 默认 100。
79	位置规划减速度	1	1-转速限制值	位置曲线模式下有效，位置环执行频率 20K。 默认 100。
80-81	保留	x		
82	速度环算法选择	1	0-1	0:PID 1:LADRC。 默认 1，即选择 LADRC 算法。
83	电压开环加速度	1	1-1500	电压开环执行频率 20K。 默认 1000。
84	速度环加速度	1	1-1800	速度环执行频率 20K。 默认 300。
85	电流环加速度	1	1-6000	电流环执行频率 20K。 默认 800。
86-87	保留	x		
88	转速限制	1	1-160RPM	实际发送数据=想要设置的值。 默认 160。
89	第一速度环 Kp	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 350。
90	第一速度环 Ki	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 150。
91	第一速度环 Kd	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 0。
92	第二速度环 Kp	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 350。

93	第二速度环 Ki	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 150。
94	第二速度环 Kd	3		实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 0。
95	速度环切换点	1	1-转速限制值	大于速度环切换点，切换第二套 PID 参数； 小于切换点使用第一套 PID 参数； 默认两套参数一样 切换点默认 500。
96	LADR-b0	3		LADR 是速度环的一种算法， LADR_b0, LADR_Omega 是算法中的调节量， LADR_Omega 不变时，LADR_b0 越大，整个跟随系统对超调的抑制效果越差，太小会引发速度环给出的 IQ 值震荡；LADR_Omega 调节的是整个系统的跟随度，越大速度环带宽越高，跟随度越高。 实际发送数据=想要设置的值*100。 LADR-b0 默认 90000。 LADR-Omega 默认 15000。
97	LADR-Omega	3		
98	第一陷波器频率	3	None	暂未启用
99	第一陷波器幅值	3	None	暂未启用
100	第一陷波器宽度	3	None	暂未启用
101-103	保留	x		
104	电流环 Kp	3		只读，写无效。 目前程序中使用带宽以及电阻电感参数自动计算，调整带宽、电阻、电阻参数可修改此值。 $K_p = L * \text{电流环带宽}$
105	电流环 Ki	3		只读，写无效。 目前程序中使用带宽以及电阻电感参数自动计算，调整带宽、电阻、电阻参数可修改此值。

				$K_i = R * \text{电流环带宽}$
106	电 流 环 前 馈 系 数	3	0-0.01	实际发送数据=想要设置的值*1000。 默认 0.005。
107	保留	x		
108	电 流 环 给 定 滤 波 带 宽	1	None	暂未启用
109	Iq 限流 值	3	1 - 最大 电机相电 流	单位 A，实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 64A。
110-112	保留	x		
113	电 机 过 温 保 护 值	1	80-120	实际发送数据=想要设置的值。 默认 120。
114-115	保留	1		
116	过压值	1	18-70	单位 VDC，实际发送数据=想要设置的值。 默认 60。
117	欠压值	1	18-70	单位 VDC，实际发送数据=想要设置的值。 默认 36。
118	相电阻	3		单位：R，实际发送数据=想要设置的值*1000。 默认 74。
119	相电感	3		单位：H，实际发送数据=想要设置的值*1000000。 默认 85。
120	电 流 环 带 宽	1	200-2000	实际发送数据=想要设置的值。 默认 1600。
121-248	校准表	2		不允许读写
249	保留	x		
250	最 大 电 机 相 电 流	3	1-75	单位：A，实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 73.5A。
251	三 相 电 流 最 大	3	1-20	单位：A，实际发送数据=想要设置的值*100。 默认 15A。

	差值			
252-254	保留	x		
255	结束标识符	1		只读

● · 附录 3（屏蔽位含义）

序号	范围	含义
Bit0	0/1	=1，屏蔽欠压故障
Bit1	0/1	=1，屏蔽过压故障
Bit2	0/1	=1，屏蔽总线掉线故障
Bit3	0/1	=1，屏蔽母线过流故障（母线为估计电流，可能会存在误报）
Bit4	0/1	=1，屏蔽 ADC 偏移过大故障
Bit5	0/1	=1，屏蔽过载故障
Bit6	0/1	=1，屏蔽位置传感器故障
Bit7	0/1	=1，屏蔽超速故障
Bit8	0/1	=1，屏蔽 MOSFET 过热故障
Bit9	0/1	=1，屏蔽 MOTOR 过热故障
Bit10	0/1	=1，屏蔽“三相不平衡”故障
Bit11	0/1	=1，屏蔽“相电流过流”故障
Bit12-Bit31	None	保留

● · 附录 4（系统状态位含义）

序号	范围	含义
Bit0	0/1	=1，伺服使能 =0，伺服未使能
Bit1	0/1	=1，有故障 =0，无故障
Bit2	0/1	=1，有警告 =0，无警告
Bit3	0/1	=1，电机正传 =0，电机反转
Bit4	0/1	=1，CAN 通信心跳使能 =0，CAN 通信心跳未使能
Bit5	0/1	=1，曲线规划使能 =0，曲线规划未使能
Bit6	0/1	=1，伺服准备好 =0，未准备好
Bit7	0/1	=1，校准正在运行 =0，校准未运行

Bit8	0/1	=1, 校准成功 =0, 校准未成功 (校准未成功时, 无法启动电机)
Bit9	0/1	=1, Flash 保存失败 =0, Flash 保存成功
Bit10-Bit31	0/1	保留

● · 附录 5 (故障码含义)

故障	故障码	触发条件	说明
总线掉线	1	当使能了总线心跳, 且未在设置的时间内接收到 CAN 指令, 检测周期: 1ms	
母线过压	2	母线电压大于设置的欠压值, 检测周期: 1ms	
母线欠压	3	母线电压小于设定的值持续 100ms, 检测周期: 1ms	
过流	4	电流大于设定的电流, 检测周期: 1ms	可能发生的问题: 1. 母线电流大 2. 缺相 3. MOS 损坏 4. 其它
ADC 偏移量过大	5	相对于 1.65 基准偏差大于设置的值, 只在初始化的时候检测	
位置错误	6	读到位置信号连续多次错误	
过载	7	大于设定的额定电流值, 持续一定的时间	连续超过额定值 1.5 倍 15S 保护, 2 倍 5S 保护, 2.5 倍 2S 保护
超速	8	大于转速限制 1.5 倍	
MO 过热	9	MOS 温度 100 度	可能的原因 1. 持续运行过热 2. MOS 损坏
电机过热	10	电机温度大于设定的值	可能的原因 1. 持续运行过热 2. MOS 损坏
过流	11	电流大于设定的电流, 检测周期: 50us	三相电流不平衡

过流	12	电流大于设定的电流， 检测周期：50us	相电流过大
----	----	-------------------------	-------

● · 附录 6（报警码含义）

警报	警报码	触发条件
Flash 操作失败	101	写 Flash 失败
校准失败	102	校准发生错误
电机温度传感器断线	103	温度传感器未接或者断线
磁编磁场弱	104	磁编内部检测报警信息
磁编超速	105	磁编内部检测报警信息
电机高温	106	大于 100°
MO 高温	107	大于 80°

- 注：在不重新上电的情况下，警报可自动恢复，故障不可自动恢复；
可通过设置参数表中第 11 个参数（故障屏蔽）进行故障屏蔽。

