

MD 系列 集成式伺服电机使用手册



前言 产品确认

感谢您使用 Kinco 伺服产品!

Kinco 各系列不同型号驱动器的配件各不相同, 建议您对产品进行确认。

确认事项	说明
与您所订购的机型是否相符?	请根据产品铭牌信息确认是否与您订购的型号相符。
产品外观是否有损伤?	请确认产品是否在运输过程中有损坏。
产品配件是否齐全?	请确认集成式伺服产品内是否包含配件。

如以上任一项有问题, 请与本公司或您的供货商联系解决。

手册版本变更记录

日期	变更说明
2020 年 5 月	新产品手册发布
2020 年 8 月	更新第 1.1 章节产品规格、第 2.2 章节安装尺寸图、 更新第 3.1 章节以及第 3.2 章节产品图片、 修正第 9.1 章节 232 接线定义、附录一电流换算公式
2020 年 12 月	第二章以及第三章新增 MD-EA 产品说明

目录

前言 产品确认.....	1
手册版本变更记录.....	1
目录.....	1
第 1 章 系统配置和型号说明.....	1
1.1 产品规格.....	1
1.2 产品说明.....	2
1.1.1 命名规则.....	2
1.1.2 铭牌说明.....	2
第 2 章 系统安装要求与注意事项.....	3
2.1 集成伺服系统安装.....	3
2.1.1 运输和存储条件.....	3
2.1.2 技术要求.....	3
2.1.3 操作人员要求.....	3
2.1.4 环境要求.....	4
2.1.5 注意事项.....	4
2.1.6 安装油封.....	5
2.2 安装尺寸图.....	6
2.3 速度-力矩特性曲线.....	8
2.3.1 200W 伺服力矩-速度曲线图.....	8
2.3.2 400W 伺服力矩-速度曲线图.....	8
2.3.3 750W 伺服力矩-速度曲线图.....	9
第 3 章 系统接口及配线.....	10
3.1 集成式伺服各部分名称.....	10
3.2 外部接线方式.....	10
3.3 接口说明.....	11
3.3.1 总线通讯接口 (X1)	11
3.3.2 RS232 串口 (X2)	12
3.3.3 外部输入输出 (X3)	12

3.3.4 电源接口 (X5)	13
3.3.5 拨码开关以及指示灯	14
第4章 KINCOSERVO 上位机使用指南	16
4.1 快速上手	16
4.1.1 语言设置	16
4.1.2 打开和保存工程文件	16
4.1.3 建立连接	16
4.1.4 通讯 ID 和波特率	17
4.1.5 对象操作 (添加, 删除, 帮助)	17
4.2 初始化, 保存和重启	18
4.3 固件更新	18
4.4 读写驱动器配置	19
4.4.1 读驱动器配置	19
4.4.2 写驱动器配置	20
4.5 数字输入输出功能	20
4.5.1 数字输入	21
4.5.2 数字输出	22
4.6 示波器	23
4.7 错误和历史错误	25
第5章 工作模式介绍	27
5.1 速度模式 (-3, 3) 介绍	27
5.1.1 DIN 速度模式介绍	28
5.2 位置模式 (1)	29
5.3 脉冲模式介绍 (-4)	29
5.4 原点模式 (6)	31
第6章 性能调节	48
6.1 速度环整定方法	49
6.2 位置环整定方法	51
6.3 其他会影响性能的因素	52
第7章 报警排除	55
第8章 常用对象列表	60
8.1 模式及控制 (0x6040)	60
8.2 测量数据	62

8.3 目标对象 (0x607A)	63
8.4 多段位置/多段速度 (0x2020)	64
8.5 性能对象 (0x6065)	65
8.6 原点控制 (0x6098)	66
8.7 速度环参数 (0x60F9)	66
8.8 位置环参数 (0x60FB)	66
8.9 输入输出参数 (0x2010)	67
8.10 脉冲输入参数 (0x2508)	70
8.11 错误代码 (0x2601)	71
8.12 停止模式.....	72
第9章 RS232 通讯.....	73
9.1 RS232 接线定义.....	73
9.2 传输协议.....	73
9.2.1 一对一通讯协议.....	74
9.3 数据协议.....	74
9.3.1 写入 (主站到从站)	74
9.3.2 读取 (从站到主站)	75
9.4 RS232 通讯例子.....	76
第10章 RS485 通讯.....	78
10.1 RS485 接线说明.....	78
10.2 RS485 通讯参数列表.....	78
10.3 MODBUS RTU 通讯协议.....	79
10.4 MODBUS 常用功能码简介.....	79
10.5 MODBUS 报文范例.....	80
第11章 CANOPEN 通讯.....	82
11.1 CANOPEN 通讯协议介绍.....	82
11.2 硬件说明.....	82
11.3 软件说明.....	83
11.3.1 EDS 说明.....	83
11.3.2 SDO 说明.....	84
11.3.3 PDO 说明.....	85
11.4 CANOPEN 通讯实例.....	89
11.4.1 连接上位机软件.....	89
11.4.2 设置 CANopen 相关参数.....	90

11.4.3 各种 PDO 传输模式配置.....	93
11.4.4 CANopen 发送报文实例.....	97
NMT 管理报文.....	97
附录一 常用公式.....	102
附录二 制动电阻的使用.....	104
附录三 常见负载惯量计算.....	105
附录四 控制端子制线说明.....	109

第 1 章 系统配置和型号说明

1.1 产品规格

伺服集成机型号	MD60-020-D□■K-★A-000	MD60-040-D□■K-★A-000	MD80-075-D□■K-★A-000
动力电源	24VDC ~ 70VDC	24VDC ~ 70VDC	24VDC ~ 70VDC
额定功率 Pn(W)	200	400	750
额定转速 nN(rpm)	3000	3000	3000
额定转矩 Ts(Nm)	0.64	1.27	2.39
最大转矩 Tm(Nm)	1.92	3.81	7.17
转动惯量 Jm(Kg·cm ²)	0.214	0.405	1.087
	0.218 (带抱闸)	0.409 (带抱闸)	1.099 (带抱闸)
能耗制动	需外接制动电阻 (根据运行情况而定, 主要应用在急速起停的场合)		
能耗制动电压吸收点	默认 73V, 可通过软件设置		
过压报警电压	默认 83V, 可通过软件设置		
欠压报警电压	默认 18V, 可通过软件设置		
冷却方式	自然冷却		
重量	1.4kg	1.8kg	3kg
通用功能	输入规格	4 路数字量输入共 COMI 端, 高电平 12.5-30VDC, 低电平 0-5VDC, 最大频率 1KHz, 输入阻抗 5KΩ	
	输出规格	2 路数字量输出共 COMO 端, 最大输出电流 100mA	
	脉冲控制	脉冲+方向 (PLS+DIR)、CCW+CW、A 相+B 相 (5-24VDC), 输入电压 3.3V-24VDC, 最大频率 500KHz	
	抱闸	内置抱闸电源	
	RS232	默认波特率 38400bps, 最大支持 115.2Kbps 波特率, 可连接上位机 Kinco servo+调试	
RS485	最大支持 115.2Kbps 波特率, 可使用 Modbus RTU 协议与控制器通讯		
CAN BUS	最大支持 1Mbps 波特率, 可使用 CANopen 协议与控制器通讯		
尺寸	100*95*60mm(无抱闸)	130*95*60mm(无抱闸)	140*115*80mm(无抱闸)
注 1: □= M: 单圈 16 位通讯式磁电编码器			
注 2: ■=A: 无抱闸 =B: 抱闸			
注 3: ★=L: 通讯口 RS232、RS485、脉冲 =C: 通讯口 RS232、CANopen、脉冲			

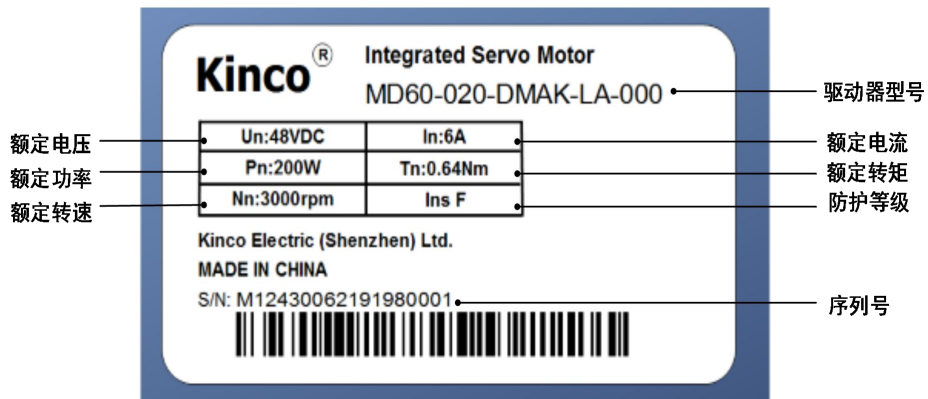
=E: 通讯口 RS232、EtherCAT

1.2 产品说明

1.1.1 命名规则

MD 60- 040 - D M A K - CA - 000			
① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨			
①-系列名	MD: 集成式伺服电机	⑤-编码器类型	M:磁电编码器
②-法兰	60:60x60(mm)	⑥-抱闸	A:无抱闸 B:带抱闸
③-额定功率	020:20*10(W) 040:40*10(W) 075:75*10(W)	⑦-出轴样式	K:带键
④-供电电压	D:DC48V	⑧-控制方式	LA:RS232、RS485 CA:RS232、CANopen EA:RS232、EtherCAT
		⑨-软件版本号	000:软件版本号

1.1.2 铭牌说明



第 2 章 系统安装要求与注意事项

2.1 集成伺服系统安装

- 请确保本文档可供设计工程师、安装人员和负责调试使用本产品的机器或系统的人员使用。
- 请确保始终遵守本文档的要求，还要考虑其他组件和模块的文档。
- 请考虑适用于目的地的法律规定，以及：
 - 法规和标准
 - 测试组织和保险公司的规定
 - 国家规格

2.1.1 运输和存储条件

- 请确保产品在运输和储存过程中不受超过允许的负担，包括：
 - 机械负载
 - 不允许的温度
 - 水分
 - 腐蚀性气体
- 请使用原厂包装进行存储和运输，原厂包装提供足够的保护以避免常规问题影响。

2.1.2 技术要求

正确和安全使用产品的一般条件，必须始终遵守：

- 产品技术数据中指定的连接和环境条件以及所有其他连接的组件的技术要求。只有符合产品规格要求，才允许按照相关安全规程操作产品。
- 请遵守本文档中的说明和警告。

2.1.3 操作人员要求

- 本产品只能由熟悉以下规定的电气工程师进行操作：
 - 电气控制系统的安装和操作
 - 操作安全工程系统的适用规定
 - 事故保护和职业安全的适用规定
 - 熟悉产品的文档

2.1.4 环境要求

环境	条件
工作温度	0°C ~ 40°C (不结冰)
工作湿度	90%RH 以下 (无凝露)
储藏温度	-10°C ~ 70°C (不结冰)
储藏湿度	5 ~ 95%RH (无凝露)
安装要求	室内无日晒雨淋、无腐蚀性气体、无易燃性气体、无油气、无尘埃场所
高度	海拔 1000m 以下
振动	5.9m/s ² 以下 10~60Hz (不可在共振点连接使用) 旋转时 49m/s ² (5G) 以下、停止时 24.5m/s ² (2.5G) 以下
保护等级	IP20

2.1.5 注意事项

项目	描述
防锈处理	请先擦拭干净电机轴上的“防锈剂”，然后再做相关的防锈处理。
安装方式	<p>不恰当的安装方式会造成电机编码器的损坏，安装过程中请注意以下事项：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 当在有键槽的电机轴上安装滑轮时，在轴端使用螺孔。为了安装滑轮，首先将双头钉插入轴的螺孔内，在耦合端表面使用垫圈，并用螺母逐渐锁入滑轮。 ◆ 对于带键槽的电机轴，使用轴端的螺丝孔安装。对于没有键槽的轴，则采用摩擦耦合或类似方法。 ◆ 当拆卸滑轮时，采用滑轮移出器防止轴承受负载的强烈冲击。 ◆ 为确保安全，在旋转区安装保护盖或类似装置，如安装在轴上的滑轮。
定心	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 在与机械连接时，请使用联轴器或者胀紧套，并使电机的轴心与机械的轴心保持在一条直线上。安装时使其符合的定心精度要求。如果定心不充分，则会产生振动，有时可能损坏轴承与编码器等。
安装方向	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 可安装在水平方向或者垂直方向上，电机固定螺丝必须锁紧。
安装环境	<ul style="list-style-type: none"> ● 请在通风良好，干燥无尘的场所使用伺服系统，使用场所应注意无振动、无磨削液、油雾、铁粉、切屑等，无潮气、油、水的浸入，远离火炉等热源的场所。 ● 避免任何异物进入伺服内部，螺丝、金属屑等导电性异物或可燃性异物进入伺服内可能引起火灾和电击，安全起见，请不要使用有损伤或零件损坏的集成式伺服电机。 ● 请勿在有硫化氢、亚硫酸、氯气、氨、硫磺、氯化性气体、酸、碱、盐等腐蚀性环境及易燃性气体环境、可燃物等附近使用本产品。 ● 请勿在封闭环境中使用电机，认真阅读和遵守本手册中的要求，将伺服系统安装于无雨淋和直射阳光室内的控制箱之内，便于检查和清扫的场所，且周围需为非易燃品。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 在安装刹车电阻时，伺服系统的四周需留出散热空间。必要时请在靠近驱动器处安装散热风扇，以保证伺服系统在可靠工作温度范围内工作。 ● 请勿使用汽油、稀释剂、酒精、酸性及碱性洗涤剂，以免外壳变色或破损。 ● 安装间距请务必遵循本手册要求，电机的使用寿命依赖于工作环境的优劣。
油水对策	<p>在有水滴滴下的场所使用时，请在确认伺服电机防护等级的基础上进行使用。(但轴贯通部除外)在有油滴会滴到轴贯通部的场所使用时，请指定带油封的伺服产品。油封的使用条件：</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆使用时请确保油位低于油封的唇部。 ◆请在油封可保持油沫飞溅程度良好的状态下使用。 ◆在伺服电机垂直向上安装时，请注意勿使油封唇部积油。

2.1.6 安装油封

由于装配油封会增加电机的损耗，会导致电机温升增加约 5K。电机轴承自带双面防尘效果，如果不是必须装油封的场所，不建议安装油封。电机轴与油封的配合摩擦过盈量约为 0.25-0.3mm，机轴表面粗糙度为 0.8。在装配油封前，请确保安装孔槽与油封无碎屑，油污，灰尘等，装配时请在油封密封唇内填满高温油脂（推荐使用长城的 HR12，耐温 150 度的润滑脂），以加强润滑和耐温的性能，增加油封的密封防水效果。注重防水防油时，油封有自紧弹簧一侧（即有凹槽一侧）朝外安装。请参考以下步骤正确安装油封。

- 1、在油封唇口密封圈处均匀涂抹高温润滑油脂。
- 2、将油封有凹槽一侧朝外，确保油封与机轴垂直，使用均匀的施力方式将油封推入腔体内。
- 3、安装成功后，检查油封是否倾斜，油封需要与电机轴承盖贴合，油封唇口需要完全闭合以保证油封密封性。



警告

- 请严格按照本手册所要求操作正确安装伺服系统，它能帮助你正确地设置和操作驱动器，并使驱动器性能达到最优。

2.2 安装尺寸图

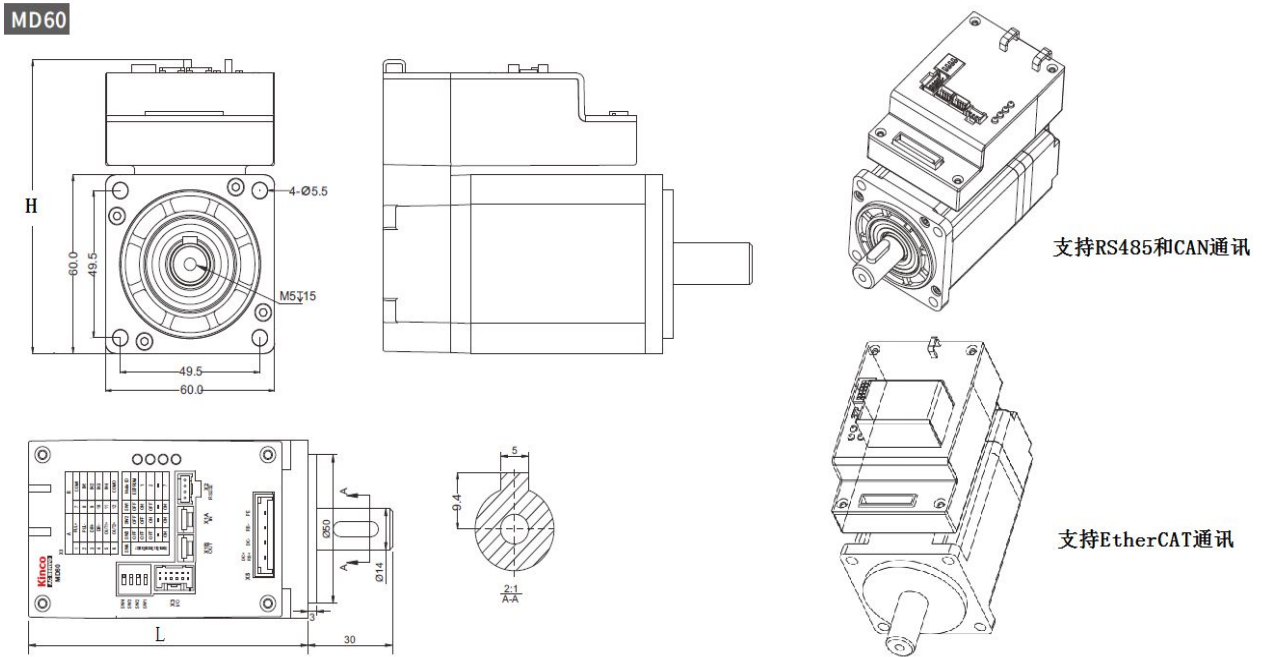


图 2-1 60 法兰电机安装尺寸图

MD60 系列型号	带抱闸	约重 (KG)	机身高度 H (mm)	机身尺寸 L (mm)
MD60-020-DMAK-LA-000		1.2	98.6	99.2±1.5
MD60-020-DMAK-CA-000				
MD60-020-DMAK-EA-000				
MD60-020-DMBK-LA-000	√	1.6		129.2±1.5
MD60-020-DMBK-CA-000				
MD60-040-DMAK-LA-000		1.6	98.6	125.2±1.5
MD60-040-DMAK-CA-000				
MD60-040-DMAK-EA-000				
MD60-040-DMBK-LA-000	√	2		155.2±1.5
MD60-040-DMBK-CA-000				

MD80

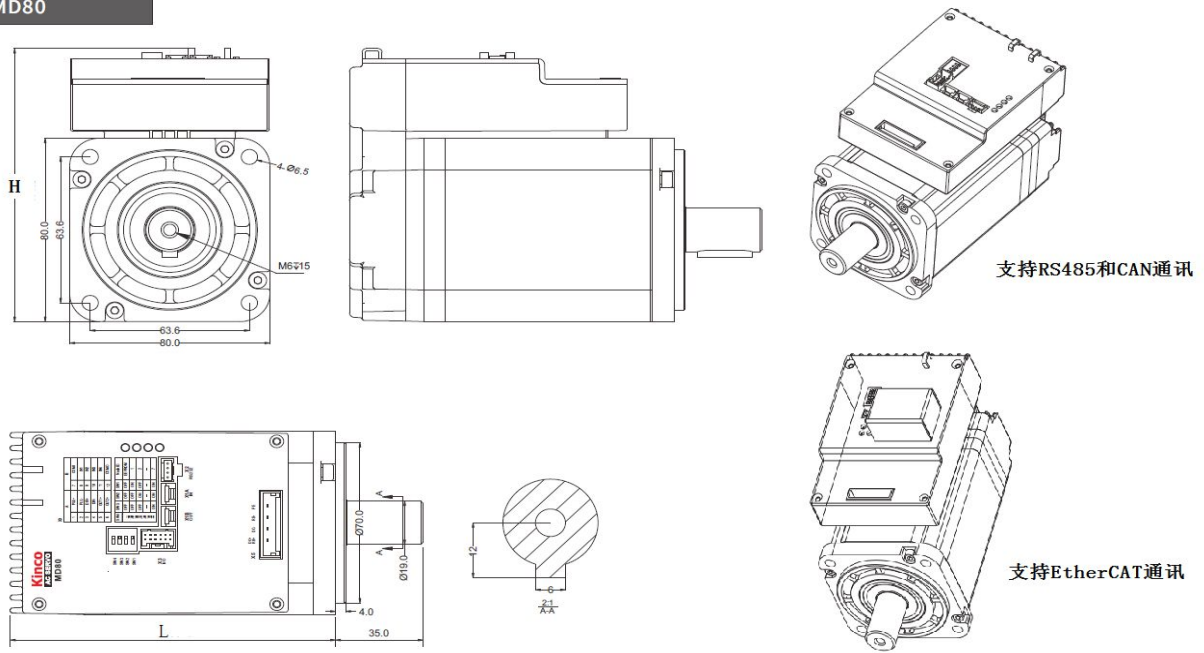


图 2-2 80 法兰电机安装尺寸图

MD80 系列型号	带抱闸	约重 (KG)	机身高度 H (mm)	机身尺寸 L (mm)
MD80-075-DMAK-LA-000		2.9	119.1	130±1.5
MD80-075-DMAK-CA-000				
MD80-075-DMAK-EA-000		2.95	133.6	
MD80-075-DMBK-LA-000	√	3.5	119.1	164.2±1.5
MD80-075-DMBK-CA-000				

2.3 速度-力矩特性曲线

2.3.1 200W 伺服力矩-速度曲线图

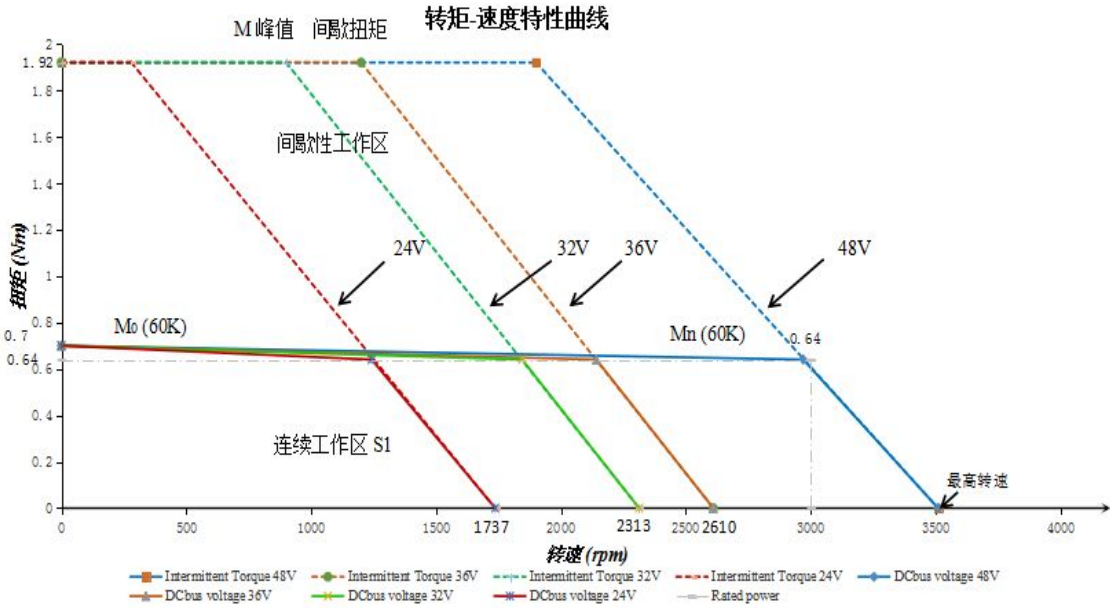


图 2-3 200W 电机曲线

2.3.2 400W 伺服力矩-速度曲线图

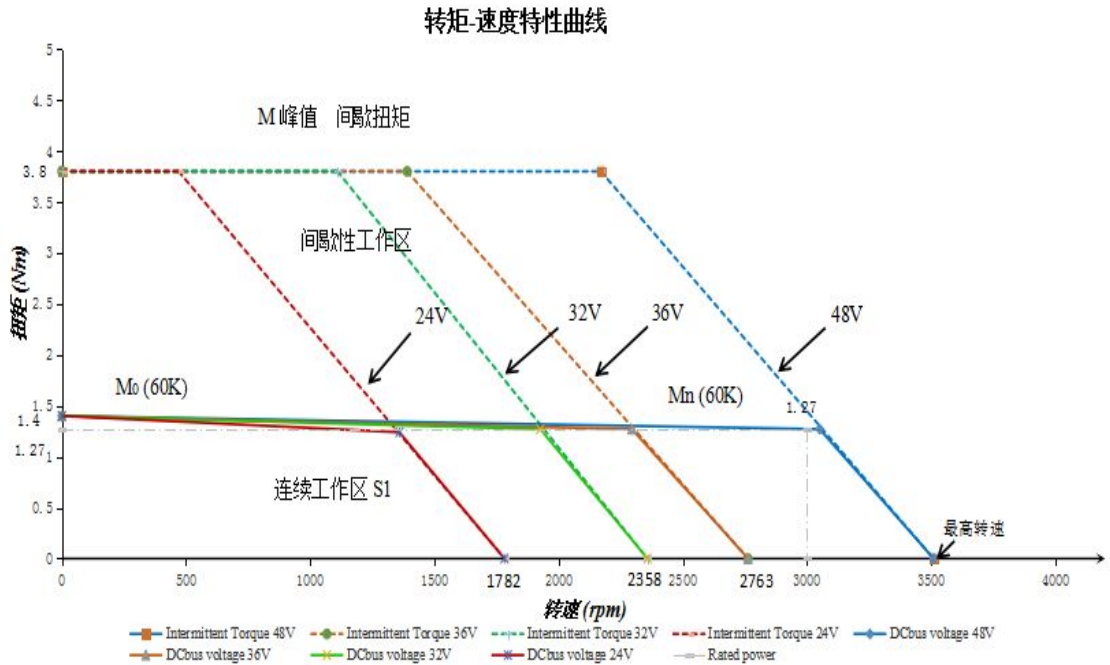
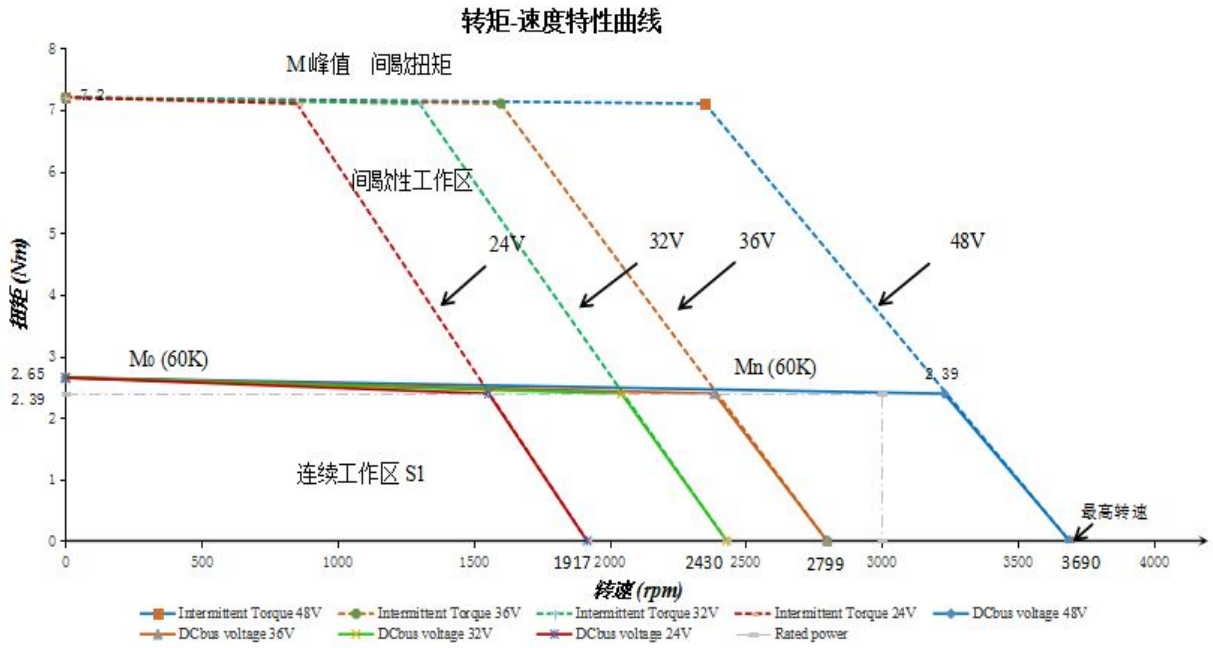


图 2-4 400W 电机曲线

2.3.3 750W 伺服力矩-速度曲线图



第3章 系统接口及配线

3.1 集成式伺服各部分名称

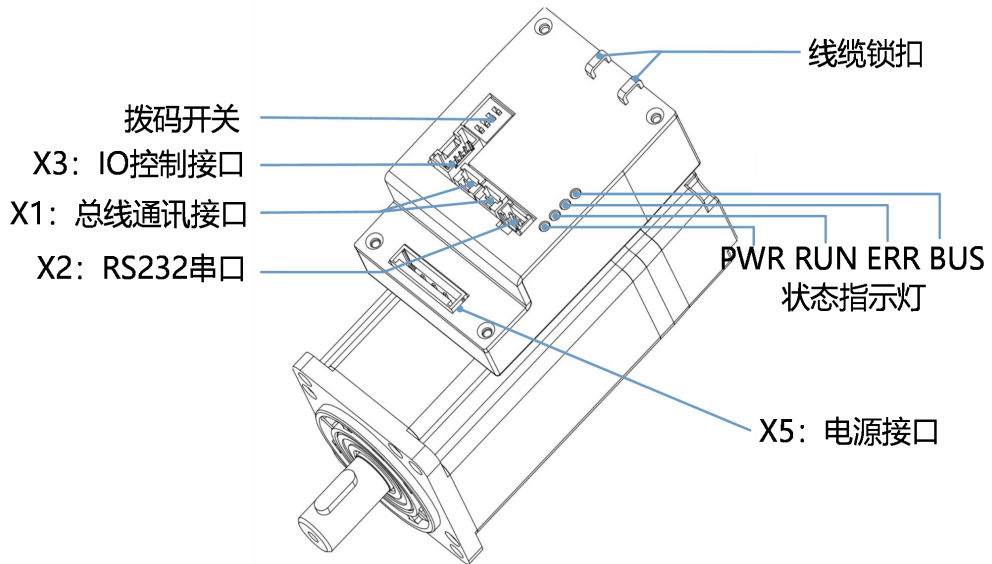


图 3-1 集成伺服接口定义

3.2 外部接线方式

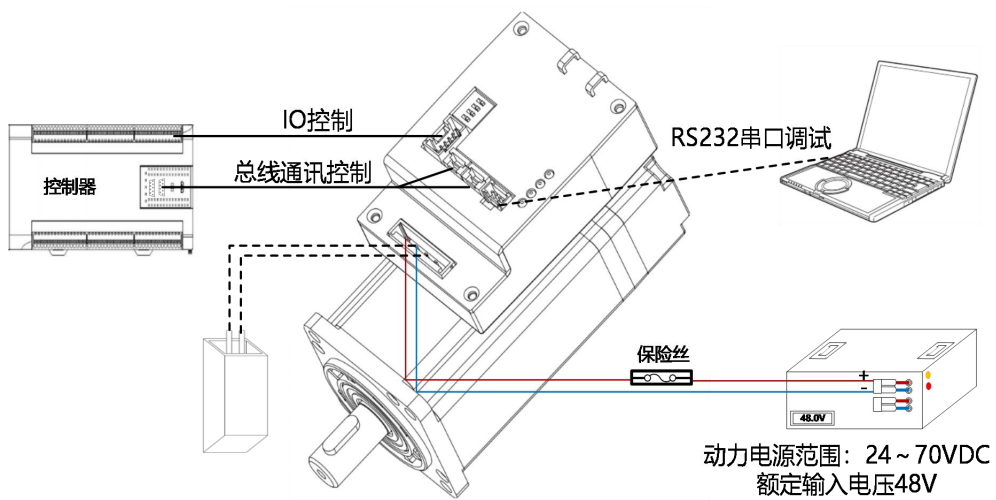


图 3-2 集成伺服外部连接方式

**注意**

- MD 系列不同功率产品接口定义相似，图 3-1 以及图 3-2 以 MD60-040-DMAK-CA-000 做为样例。
- MD-EA 产品总线接口为 RJ45 端口，外观尺寸图请参考第二章尺寸安装图。
- 保险丝请根据表 3-1 自行选配，制动电阻规格推荐请查看附录说明。

表 3-1 保险丝规格推荐

集成伺服型号	功率 (W)	保险丝参考规格
MD60-020-DMAK-□A-000 MD60-020-DMBK-□A-000	200	20A/58VDC
MD60-040-DMAK-□A-000 MD60-040-DMBK-□A-000	400	20A/58VDC
MD80-075-DMAK-□A-000 MD80-075-DMBK-□A-000	750	40A/58VDC

3.3 接口说明

3.3.1 总线通讯接口 (X1)

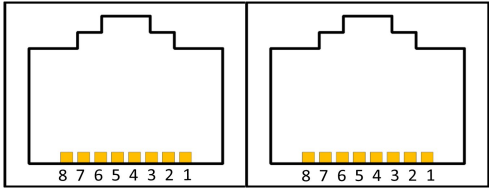
表 3-2 485 集成伺服 X1 接口定义

总线	接口类型	引脚编码	引脚名称
RS485		1	GND
		2	GND
		3	485+
		4	485-

表 3-3 CAN 集成伺服 X1 接口定义

总线	接口类型	引脚编码	引脚名称
CAN		1	GND
		2	GND
		3	CAN_L
		4	CAN_H

表 3-4 EtherCAT 集成伺服 X1 接口定义

总线	接口类型	引脚编码	引脚名称
EtherCAT		1	TD+
		2	TD-
		3	RD+
		6	RD-

3.3.2 RS232 串口 (X2)

表 3-5 X2 接口定义

	引脚编号	引脚名称	引脚功能
	1	GND	信号地
	2	GND	信号地
	3	TX	驱动器发送数据
	4	RX	驱动器接收数据

3.3.3 外部输入输出 (X3)

表 3-6 X3 接口定义

	引脚编号	引脚名称	引脚功能
	1	PUL+	脉冲信号输入端 输入电压：3.3V ~ 24V 最大频率：500KHz
	2	PUL-	
	3	DIR+	
	4	DIR-	
	5	OUT1+	数字信号输出端 最大输出电流：100mA
	6	OUT2+	
	12	COMO	输出公共端
	8	IN1	数字信号输入端 高电平：12.5VDC~30VDC 低电平：0VDC~5VDC 输入频率：<1KHz
	9	IN2	
	10	IN3	
	11	IN4	
	7	COMI	输入公共端



注意

- X1, X2 以及 X3 端子的线规以及制线方式请查看附录四。
- 上图表示的是驱动器上端口的接口定义, 并非通讯线缆的, 请务必注意, 避免焊错线了。
- MD-EA 集成伺服系统不支持脉冲功能, 1,2,3,4 脚为 NC。

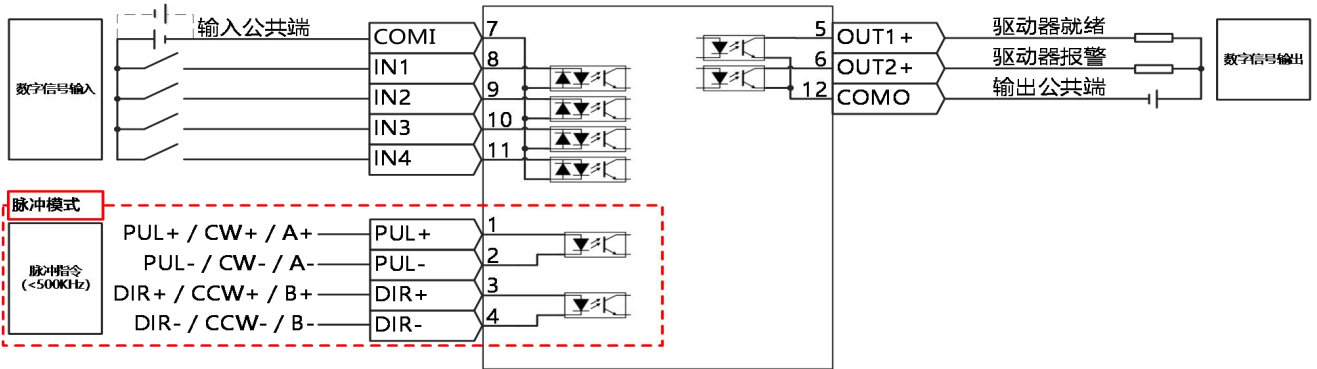


图 3-6 驱动器控制接线图



注意

- 图 3-6 显示了带有默认 IO 功能的接线, 更多的 IO 功能可以通过上位机调试软件定义。有关更多 IO 功能的详细信息, 请参见相关章节。
- 对于数字输出, 图 3-6 只显示 NPN 接线方式, 如图 3-7 所示为 PNP 接线方式。
- 若要使用 PNP 的接线方式, 只能使用 OUT1 和 OUT2 其中一个作为输出口。

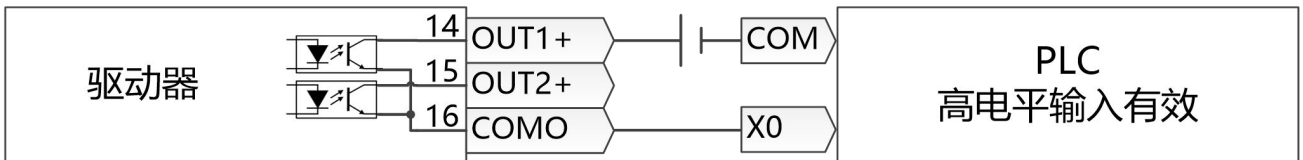


图 3-7 PNP 接线方式

3.3.4 电源接口 (X5)

表 3-7 X5 接口定义

引脚名称	引脚功能
DC-	直流电源输入端 (24-70VDC)
DC+	
RB-	外接制动电阻 (制动电阻选配请参考附录二)
RB+	
PE	接地端

表 3-8 电源线缆规格说明

适用产品型号	X5 电源接口配线规格
MD60-020-DMAK-□A-000 MD60-020-DMBK-□A-000	压接端子接线规格范围: 0.21~1.31mm ² (24~16AWG) 推荐导线横截面积: 0.75~1.31mm ² (18~16AWG) 推荐剥线长度: 8~9mm
MD60-040-DMAK-□A-000 MD60-040-DMBK-□A-000	压接端子接线规格范围: 0.21~1.31mm ² (24~16AWG) 推荐导线横截面积: 1.3~1.5mm ² (16~15AWG) 推荐剥线长度: 8~9mm
MD80-075-DMAK-□A-000 MD80-075-DMBK-□A-000	压接端子接线规格范围: 0.21~3.3mm ² (24~12AWG) 推荐导线横截面积: 2.5~3.3mm ² (13~12AWG) 推荐剥线长度: 12~13mm

**注意**

- 请使用带屏蔽层的电源线缆，扭拧收拢线芯成束后插入压接端子中。线缆接上后应拉扯线缆确认导线与端子连接牢固，相邻线缆没有飞丝或碰丝。
- 电缆的弯曲半径确保在电缆本身外径的 10 倍以上，注意避免频繁的折弯线缆。

3.3.5 拨码开关以及指示灯

表 3-9 拨码开关

	引脚名称	引脚功能
	SW1	设备站号由 SW1-SW3 组成的 BCD 码决定，拨码开关变更后重启驱动器生效 当 SW1-SW3 都为 OFF 时，驱动器读取 EEPROM 中设备站号。
	SW2	
	SW3	
	SW4	SW4 为 ON 时，开启终端电阻

**注意**

- MD-EA 伺服系统无拨码开关，可通过 Kinco Servo+ 软件设置驱动器站号。
- 集成伺服系统出厂默认 SW1 为 ON，其他拨码为 OFF 状态。
- 超过 7 的站号需要通过软件设置，Kinco Servo+ 软件选项卡中的 **驱动器 D** → **驱动器属性** → **设备站号** 设置站号。

表 3-10 CAN/485 伺服系统工作指示灯

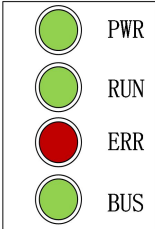
	引脚名称	引脚功能
	PWR	驱动器已上电, POWER 灯处于常亮状态
	RUN	驱动器就绪时处于常亮状态, 与 out3 关联
	ERR	驱动器报错时处于常亮状态, 与 out4 关联
	BUS	CANopen 总线上有报文传输时会闪烁, 闪烁频率和报文传输速度相关

表 3-10 EtherCAT 伺服系统工作指示灯

	引脚名称	引脚功能
	PWR	驱动器已上电, POWER 灯处于常亮状态
	RUN	驱动器就绪时处于常亮状态, 与 out3 关联
	ERR	驱动器报错时处于常亮状态, 与 out4 关联
	BUS	EtherCAT 总线状态指示灯



注意

- 软件中 out3 默认定义驱动器就绪, out4 默认定义驱动器故障。当出现 RUN 与 ERR 指示灯不亮时, 请检查输出口默认定义是否被修改。

第4章 KincoServo 上位机使用指南

本章介绍如何使用 KincoServo 上位机软件对伺服进行调试和设置。



图 4-1 上位机软件主窗口

4.1 快速上手

4.1.1 语言设置

软件语言可以设置为英文或中文，通过菜单栏“工具”->“语言切换”进行设置。

4.1.2 打开和保存工程文件

通过菜单栏“文件”->“新建”，或点击  按钮，可以创建一个新的工程文件。

通过菜单栏“文件”->“打开”，或点击  按钮，可以打开一个已经存在的工程文件。

通过菜单栏“文件”->“保存”，或点击  按钮，可以将当前文件保存为.kpjt 文件。



注意

保存工程仅仅是将上位机软件中的窗口保存下来，并不能保存驱动器中的参数。


4.1.3 建立连接

通过菜单栏“通信”->“通信设置”打开如下窗口：



图 4-2 通信设置

选择正确的串口号（如果串口下拉菜单中没有显示，请点击“刷新”），设置正确的波特率、通讯 ID，然后点击“打开”按钮。

上位机和集成伺服的连接建立后，可以通过点击  按钮打开和关闭通信。

4.1.4 通讯 ID 和波特率

通讯 ID（即设备站号）可以通过产品上的拨码开关设置，设置方式请参考丝印说明。

设备站号也可以通过菜单栏“驱动器”->“驱动器属性”来设置。

参数地址	参数类型	参数名称	参数值	单位
100B0008	Unsigned8	设备站号		DEC
2FE00010	Unsigned 16	RS232 波特率		Baud

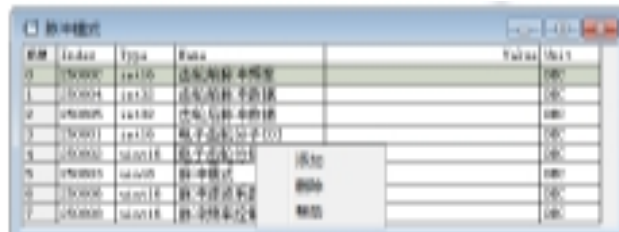


注意

- 设备站号和波特率需要保存重启驱动器后才能生效。
- 通过 115200 的 RS232 波特率连接 KincoServo+ 时，由于传输信号的频率较高，对通讯环境有一定的要求，若出现通讯掉线或丢帧，建议降低通讯波特率重新连接软件。
- 若点击“刷新”没有显示串口，请检查通讯线是否未成功安装驱动程序。

4.1.5 对象操作 (添加, 删除, 帮助)

打开任何一个包含参数列表的窗口，将鼠标移动到对象上，单击右键，会弹出如下菜单：



点击“添加”，会弹出对象字典，双击需要添加的参数，然后对象就添加到了参数列表里。

点击“删除”，选定的参数会从参数列表里删除。

点击“帮助”，可以看到对象字典里关于该参数的描述。

4.2 初始化, 保存和重启

点击菜单栏“驱动器”->“初始化/保存/重启”，弹出如下窗口：

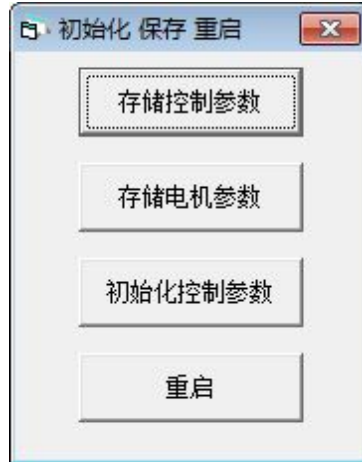


图 4-3 初始化/保存/重启

点击对应的按钮完成相应操作。



注意

完成初始化参数操作后，需要存储控制参数才能将默认参数保存在驱动器中。

4.3 固件更新

一般情况下驱动器的固件总是为最新版本，但是如果因为某些原因需要更新驱动器固件，请通过菜单栏“驱动器”->“固件下载”

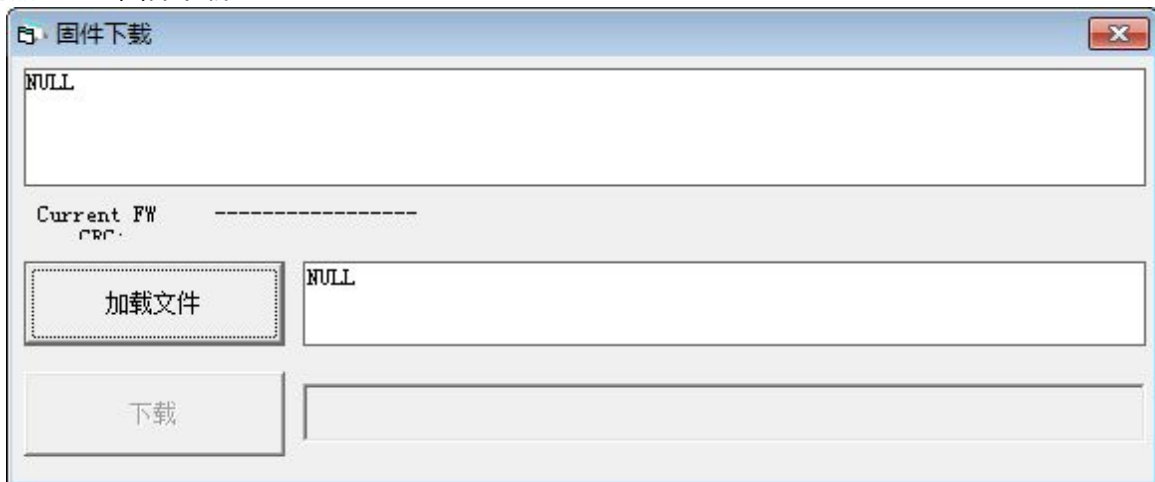


图 4-4 固件下载

点击“加载文件”来选择固件版本（.kinco），再点击“下载”开始更新驱动器固件。


**注意**

如果下载由于某种原因中止，请首先断电，再给驱动器上电，选择固件版本并开始下载，最后再打开通讯，连接上位机。

4.4 读写驱动器配置

对于大量相同的应用，为了避免逐个设置驱动器参数，可以使用这个功能进行驱动器配置。

4.4.1 读驱动器配置

点击菜单栏“工具”->“读写驱动器配置”->“读驱动器配置”，或点击  按钮，弹出窗口如下：

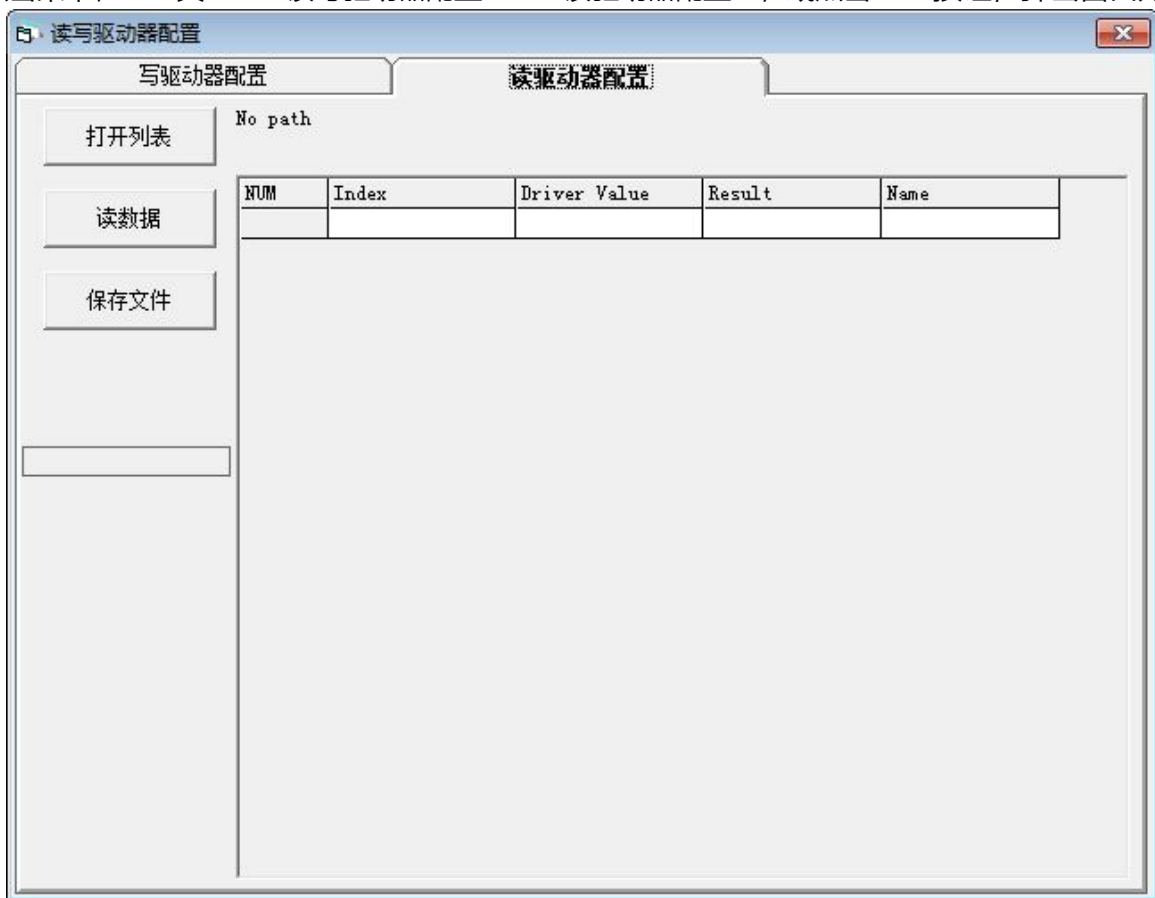


图 4-5 读驱动器配置


点击“打开列表”选择参数列表文件 (.cdo)，参数列表会显示在右侧的窗口中。

点击“读数据”来获取“Driver Value”和“Result”，然后点击“保存文件”将导出的参数保存为.cdi文件。

**注意**

如果对象不存在于驱动器中，结果将为“False”，并用红色标出，只有读取结果为“True”的参数会被保存在.cdi 文件中。

4.4.2 写驱动器配置

点击菜单栏“工具”->“读写驱动器配置”->“写驱动器配置”，或点击按钮，弹出窗口如下：

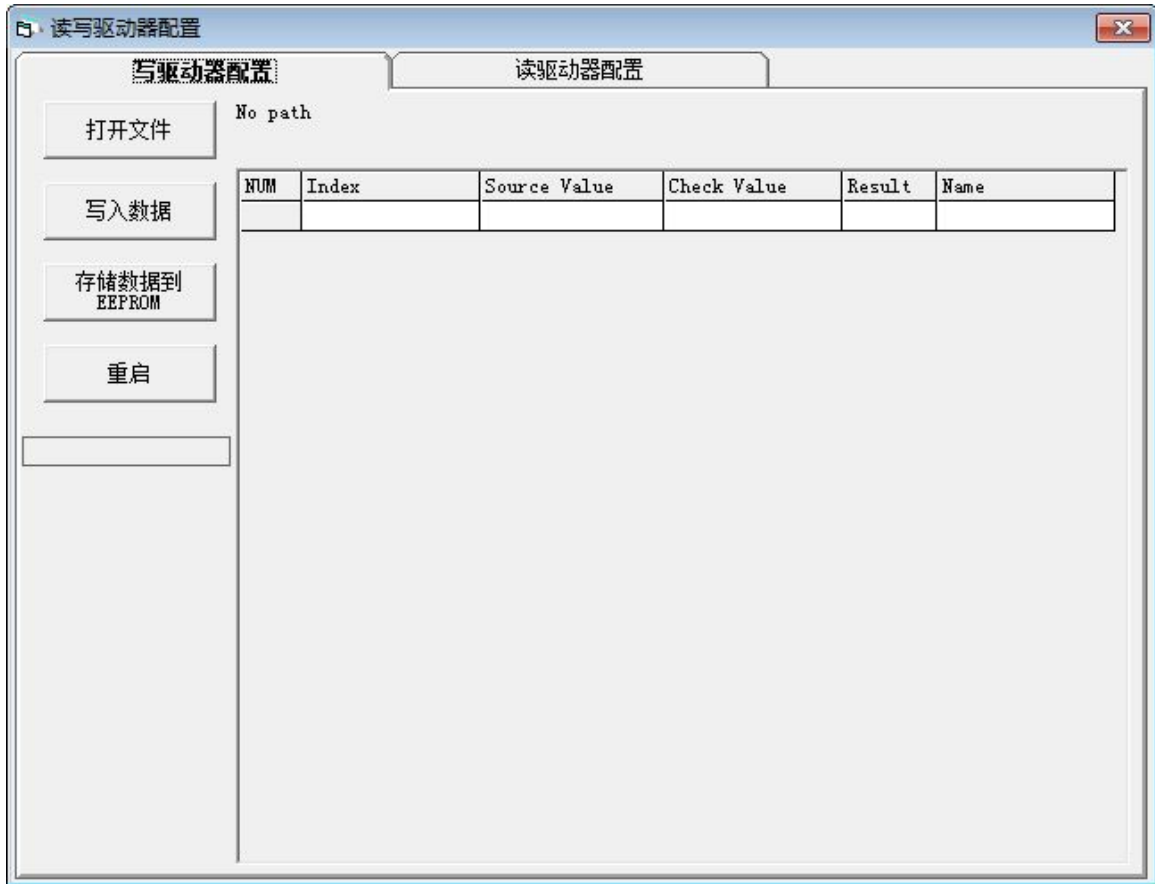


图 4-6 写驱动器配置

点击“打开文件”来选择一个参数文件(.cdi)，参数会显示在右侧的窗口中。

点击“写入数据”得到“Check Value”和“Result”，“Result”为“False”表示参数写入不成功，很可能参数并不存在于当前的驱动器中。

点击“存储数据到 EEPROM”再点击“重启”使所有参数生效。

**注意**

在将设置写入驱动器之前，请取消驱动器使能，如驱动器已使能，则某些对象无法成功写入。

4.5 数字输入输出功能

点击菜单栏“驱动器”->“数字 IO 设置”，或点击按钮，弹出窗口如下，可以自由配置 IO 口功能。



注意

集成式伺服电机支持 4 路数字输入和 2 路数字输出。



图 4-7 数字输入输出窗口

4.5.1 数字输入

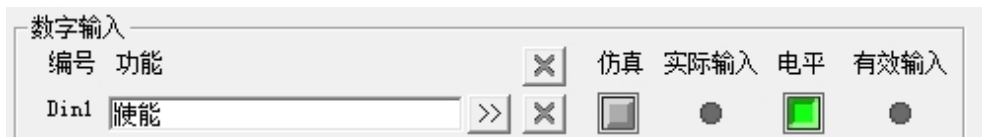


图 4-8 数字输入

功能：点击 **>>** 按钮选择输入功能，点击 **✕** 按钮删除输入功能

仿真：仿真数字输入信号

实际输入：显示实际数字输入状态

极性： 表示高电平输入时，有效输入为 1； 表示低电平输入时，有效输入为 1。

有效输入：仿真，实际输入和极性作用的结果； 表示激活，对应功能的逻辑状态为 1； 表示未激活

活，对应功能逻辑状态为 0。

输入功能	描述
使能	驱动器使能 1: 控制字 = Din 控制字选择(2020.0F) 0: 控制字 = 0x06
复位故障	控制字中复位故障的位 (bit7) = 1
工作模式控制	工作模式选择 1:工作模式 = 工作模式选择 1 (2020.0E) 0:工作模式 = 工作模式选择 0 (2020.0D)
Kvi 关闭	关闭速度环积分增益
正限位	正/负限位开关，正常情况下为 OFF，Din 有效输入 = 0 表示电机已到限位位置
负限位	
原点信号	原点开关信号，只能用作找原点
指令反向	在速度和力矩模式下，可将速度指令反向
Din 速度索引 0	Din 速度模式下的 Din 速度索引
Din 速度索引 1	
Din 速度索引 2	
Din 位置索引 0	Din 位置模式下的 Din 位置索引
Din 位置索引 1	
Din 位置索引 2	
指令激活	激活位置指令，控制字 bit4 置 1，比如控制字由 0x2F 变为 0x3F
预使能	出于安全考虑，预使能可以用于判断整个系统是否已经准备好。 1: 驱动器可以上电使能 0: 驱动器不可以上电使能
清除脉冲	清除驱动器已经接收但未完成的脉冲数
暂停	1: 电机不松轴暂停运行，控制字中暂停的位 (bit8) = 1 0: 电机继续运行 注意：扭矩模式不支持暂停功能



注意

绝对/相对位置控制选择(2020.0F)默认设置为 0x2F. 控制字定义请见第六章 6.1 节

4.5.2 数字输出

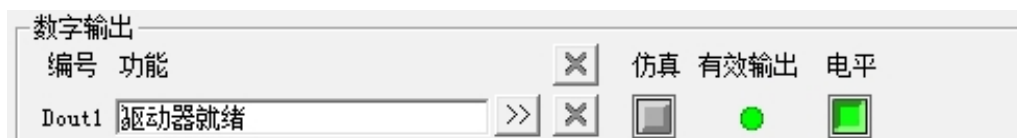








图 4-9 数字输出

功能：点击  按钮选择输出功能，点击  按钮删除输出功能

仿真：仿真数字输出信号

实际输出：显示实际数字输出状态，是仿真、极性和逻辑状态的综合作用结果， 表示数字输出为 ON， 表示数字输出为 OFF。


极性： 表示逻辑状态为 1 时，实际输出为 ON； 表示逻辑状态为 0 时，实际输出为 ON。

有效输入：仿真，实际输入和极性作用的结果； 表示激活，对应功能的逻辑状态为 1； 表示未激活，对应功能逻辑状态为 0。

输出功能	描述
驱动器就绪	驱动器就绪，可以使能
驱动器故障	驱动器故障报警
电机位置到	在位置模式下，实际位置和目标位置的差值小于目标位置窗口（6067.00），且持续时间大于等于位置窗口时间（6068.00）
电机零速度	实际速度-ms（60F9.1A）小于等于零速度窗口（2010.18），且持续时间大于等于零速输出时间（60F9.14）
电机制动	电机抱闸控制输出信号，如果使用抱闸电机，OUT5 必须设置该功能，否则将会损害电机
速度到	速度误差（60F9.1C）小于速度到窗口（60F9.0A）
索引信号出现	索引信号出现
速度达到限制	在力矩模式下，实际速度达到最大速度限制（607F.00）
电机锁轴	驱动器已使能，电机锁轴
限位中	位置限位开关激活
原点找到	原点找到
多功能信号 0	输出多段位置到信号
多功能信号 1	
多功能信号 2	
扭矩达到限制	实际扭矩超过扭矩达到基准（60F5.06）且持续时间超过扭矩达到滤波时间（60F5.07），OUT 口输出扭矩达到限制信号

4.6 示波器

在操作过程中，如果设备运行效果不能满足要求，或其他意外发生，可以使用示波器来分析问题。

点击  按钮打开示波器。

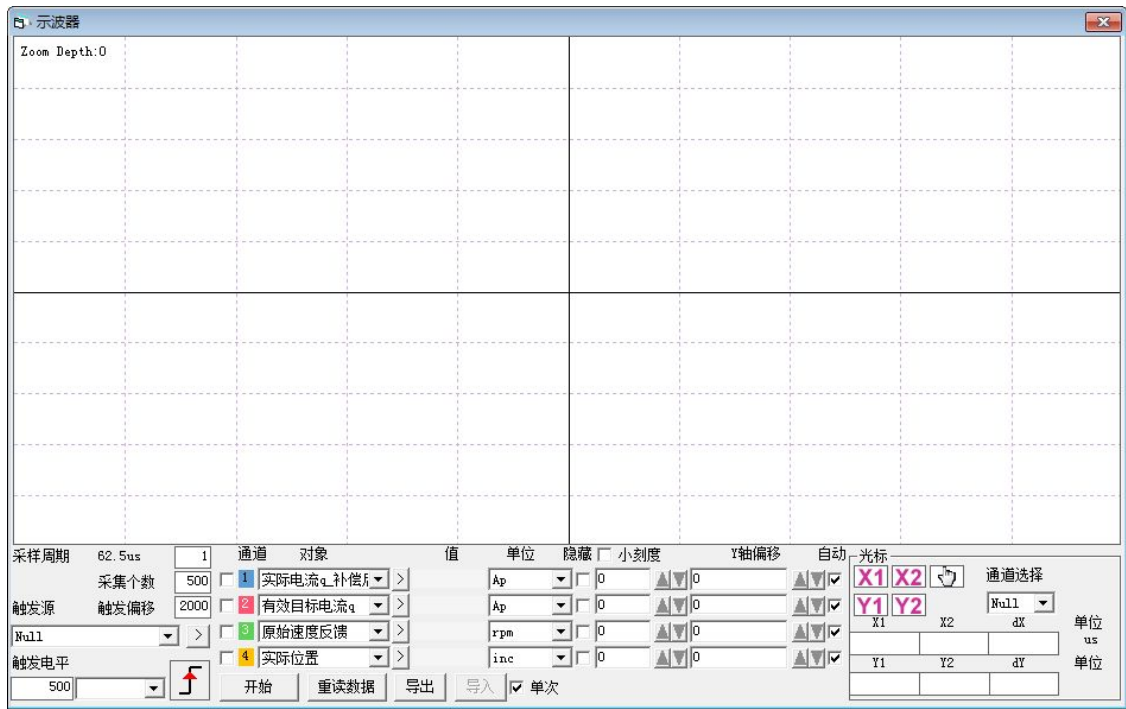



图 4-10 示波器界面

采样周期：采集数据的周期，设置为 1 表示每隔 62.5us 采集一个数据。

采集个数：表示此次采样共采多少个数据，设置为 500 表示采集 500 个数据。

触发偏移：触发源被触发前的采样个数。


触发源以及触发电平：触发的条件，图 4-10 中设置为当有效目标电流 q 在上升到 100DEC 的时候开始采集数据，DEC 为内部单位，可以切换为电流单位。

触发边沿：显示  为上升沿触发，点击后可更改为下降沿触发。

对象：同时采样的 4 个对象数据长度之和最大为 64 位，例如，2 个 32 位的对象，或 4 个 16 位的对象。

单次： 单次 表示触发后只采样一次； 单次 表示连续采样。

放大/缩小图像：按住鼠标右键，向右下方拖动鼠标可放大示波图，向左上方拖动鼠标可缩小示波图。

光标：通过点击按钮  可以选择相应光标，光标将会在示波器上显示出来，并在“通道选择”下拉菜单中选择需要观察的通道。

移动光标：按住鼠标左键，拖动光标来移动，采样的数据，X1X2 和 Y1Y2 的差值将显示在如下区域：

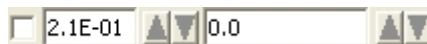
X1	X2	dX	单位
			us
Y1	Y2	dY	单位



导出：将采样的数据导出到.scope 文件

导入：将.scope 文件导入并显示示波图

重读数据：将最近采集的数据从驱动器中读出并显示示波图

自动：如果自动下的选项框被勾选，示波图会自动选择合适的刻度和坐标轴偏移进行显示。如果自动下的选项框没有被勾选，示波图会按以下区域的刻度和偏移进行显示



刻度和偏移的数值可以通过  和  按钮进行增加或者减小，如果小刻度选项框被勾选，每按一下按钮对应的

刻度增/减量会变为原来的 10%

示波器模式：在示波器左上方会显示示波器模式为正常或者导入

-正常：示波器所有按钮都可用

-导入：示波图由.scope 文件导入，在这种模式下开始和重读数据按钮被禁用，可按软件提示退出导入模式。

4.7 错误和历史错误

错误：点击“驱动器”->“故障显示”，或点击  按钮（错误发生时变为  ），错误窗口会弹出，并显示最近一次的错误信息。

历史错误：点击菜单栏“驱动器”->“历史故障”，历史错误窗口会弹出，并显示最近 8 次错误信息，包括错误字、总线电压、速度、电流、温度、工作模式、功率管状态。

错误状态字定义：

位	错误名称	错误码	描述
0	扩展错误		参考错误状态字 2 定义 (2602.00)
1	编码器通信错误	0x7331	通讯式编码器未连接
2	编码器内部故障	0x7320	编码器内部故障
3	编码器 CRC 错误	0x7330	编码器通讯受到干扰
4	驱动器温度过高	0x4210	驱动器散热器温度过高
5	驱动器总线电压过高	0x3210	直流总线电压过高
6	驱动器总线电压过低	0x3220	直流总线电压过低
7	驱动器输出短路	0x2320	驱动器功率管或电机短路
8	驱动器制动电阻异常	0x7110	制动电阻过载
9	实际跟随误差超过允许	0x8611	最大实际跟随误差超过允许
10	逻辑电压低	0x5112	逻辑电源电压过低
11	电机或驱动器 Ilt 故障	0x2350	电机或驱动器功率管 Ilt 故障
12	输入脉冲频率过高	0x8A80	脉冲输入频率过高
13	电机温度过高	0x4310	电机温度传感器报警
14	编码器信息错误	0x7331	未连接编码器或编码器通讯超时
15	EEPROM 数据错误	0x6310	EEPROM 校验和错误

错误状态字 2 定义：

位	错误名称	错误码	描述
0	电流传感器故障	0x5210	电流传感器信号偏移或波纹过大
1	看门狗报错	0x6010	软件看门狗异常
2	异常中断	0x6011	异常中断
3	MCU 故障	0x7400	MCU 型号错误

4	电机配置错误	0x6320	EEPROM 中没有电机数据
5	保留		
6	保留		
7	保留		
8	预使能报警	0x5443	输入口定义预使能，在驱动器使能或将要使能时，该输入口没有接受到信号
9	正限位报错	0x5442	电机运行到正限位（找原点后有效，且需要将“限位功能定义”设为 0），默认不报警
10	负限位报错	0x5441	电机运行到负限位（找原点后有效，且需要将“限位功能定义”设为 0），默认不报警
11	SPI 故障	0x6012	固件内部 SPI 操作错误
12	保留		
13	全闭环故障	0x8A81	电机和位置编码器方向不同
14	保留		
15	主编码器计数错误	0x7306	主编码器索引信号异常

**注意**

- 软件界面中点击菜单栏“帮助 H” -> “错误码”可打开错误代码说明。

第 5 章 工作模式介绍

5.1 速度模式 (-3, 3)介绍

速度模式有 3 和-3 两种模式，速度模式的控制可通过外部 I/O、内部指令写入和外部模拟输入三种方式。

表 5-1 速度模式相关参数说明

内部地址	位数	参数名称	含义描述	设置值
60600020	Integer8	工作模式	-3: 为立即速度模式，实际速度会立即达到目标速度； 3: 为带加减速的速度模式，实际速度会根据加速至目标速度；	-3 和 3
60400010	Unsigned16	控制字	0x0F 电机锁轴；0x06 电机松轴	0x0F
60FF0020	Integer32	目标速度	目标速度，不能超过电机额定转速	根据用户需求
60830020	Unsigned32	梯形加速度	1 模式和 3 模式下生效	默认 100rps/s
60840020	Unsigned32	梯形减速度	1 模式和 3 模式下生效	默认 100rps/s

在上位机软件“基本操作”窗口中，我们可以找到这些参数并进行设置，分别在第 6,7,10,11,12 栏。

NUM	Index	Type	Name	Value	Unit
0	606100	int8	有效工作模式		DEC
1	604100	uint16	状态字		HEX
2	606300	int32	实际位置		inc
3	606C00	int32	实际速度		rpm
4	607800	int16	实际电流		Ap
5	268000	uint16	警告状态字		HEX
6	606000	int8	工作模式		DEC
7	604000	uint16	控制字		HEX
8	607A00	int32	目标位置		inc
9	608100	uint32	梯形速度		rpm
10	608300	uint32	梯形加速度		rps/s
11	608400	uint32	梯形减速度		rps/s
12	60FF00	int32	目标速度		rpm
13	607100	int16	目标扭矩%		%
14	607300	uint16	目标电流限制		Ap
15	20200D	int8	工作模式选择0		DEC
16	20200E	int8	工作模式选择1		DEC
17	269000	uint8	通讯编码器数据复位		DEC

图 5-1 “基本操作”窗口

5.1.1 DIN 速度模式介绍

首先，在使用 DIN 速度模式时必须要在 I/O 配置中至少定义 Din 速度索引 0，Din 速度索引 1，Din 速度索引 2 中的一个作为速度段的切换信号。

DIN 速度段的设置界面在上位机软件中的打开方式为菜单栏**驱动器->控制模式->DIN 速度模式**。

表 5-3 DIN 速度模式介绍

内部地址	位数	参数名称	含义描述	设置值
20200520	Integer32	Din 速度[0]	驱动器的速度指令由 DIN 速度[x]来指定，其中的 x 是来自以下的 BCD 码： 位 0: Din 速度索引 0 ； 位 1: Din 速度索引 1 ； 位 2: Din 速度索引 2 ；	用户定义
20200620	Integer32	Din 速度[1]		
20200720	Integer32	Din 速度[2]		
20200820	Integer32	Din 速度[3]		
20201420	Integer32	Din 速度[4]		
20201520	Integer32	Din 速度[5]		
20201620	Integer32	Din 速度[6]		
20201720	Integer32	Din 速度[7]		

举例：

I/O 的配置界面：



图 5-3 IO 配置界面

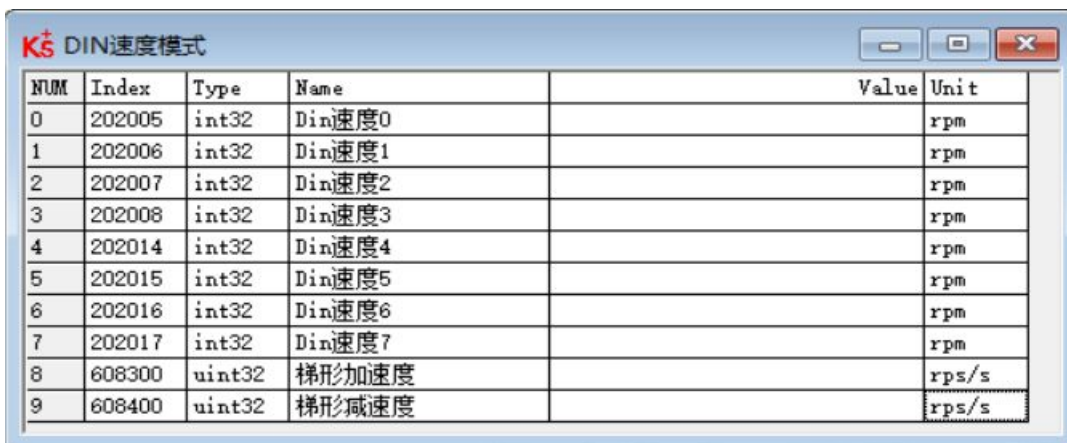


图 5-4 IO “DIN 速度模式” 窗口

表 5-4 DIN 速度模式相关设置

内部地址	位数	名称	数值	单位
20200E08	Integer8	工作模式选择 1	-3	
20200732	Integer32	Din 速度[2]	500	rpm

当 Din 速度索引 0 = 0, Din 速度索引 1 = 1, Din 速度索引 2 = 0, 并且 DIN1 输入信号有效时, 驱动器将在-3 的工作模式下, 按照 500rpm 的速度运行。

5.2 位置模式 (1)

在位置模式下, 驱动器控制电机可进行绝对位置定位和相对位置定位两种定位方式, 速度和位置指令由驱动器内部的目标位置、梯形速度和位置表方式来控制。

表 5-7 位置模式参数说明

内部地址	位数	参数名称	含义描述	设置值
60600008	Integer8	工作模式	控制伺服电机的方式	1
607A0020	Integer32	目标位置	目标绝对/相对位置	用户定义
60810020	Unsigned32	梯形速度	位置模式下的速度指令	用户定义
60400010	Unsigned16	控制字	从 0x2F 切换到 0x3F: 绝对位置定位 直接发送控制字 103F: 实时绝对位置定位 从 0x4F 切换到 0x5F: 相对位置定位	0x2F->0x3F 或 103F 或 0x4F->0x5F

5.3 脉冲模式介绍(-4)

在脉冲模式中, 目标速度指令由外部脉冲频率和电子齿轮比来决定。

表 5-8 脉冲模式相关参数介绍

内部地址	位数	参数名称	含义描述	设置值
60600008	Integer8	工作模式	设置工作模式	-4
25080110	Integer16	电子齿轮分子[0]	电子齿轮比 = 电子齿轮分子 / 电子齿轮分母	用户

25080210	Unsigned16	电子齿轮分母[0]		定义
60400010	Unsigned16	控制字	使能驱动器	0x2F:
25080308	Unsigned 8	脉冲模式	0: 双脉冲 (CW/CCW) 模式 1: 脉冲方向 (P/D) 模式 2: 增量式编码器模式	0, 1, 2
25080610	Unsigned16	脉冲滤波系数	主编码器口脉冲输入滤波参数	用户 定义
25080810	Unsigned16	脉冲频率控制	主编码器口脉冲输入脉冲频率报警点设置	

表 5-9 驱动器支持的脉冲输入

脉冲模式	正转	反转
脉冲方向模式		
双脉冲模式		
增量式编码器模式		



注意

正转表示正位置计数，默认为 CCW 方向，可以设置速度位置方向控制 (607E.00) = 1，反转电机轴的方向

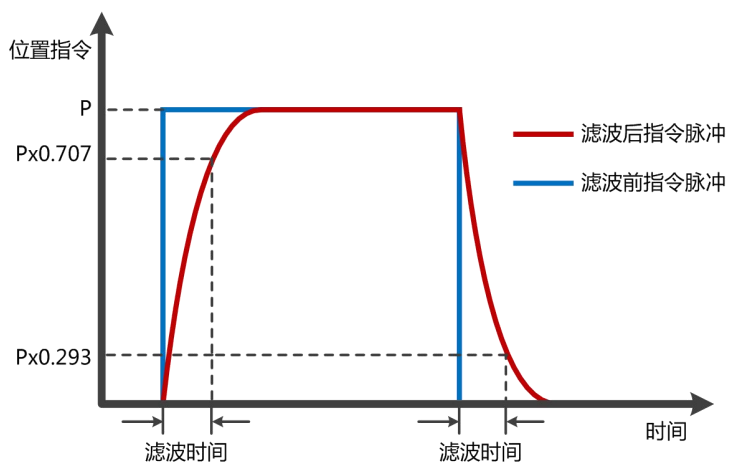


图 5-6 脉冲滤波说明

5.4 原点模式 (6)

在某些应用场合，系统需要机械负载每一次运动都从相同的位置作为起点，所以用户可通过使用原点模式来满足需求。在原点模式中，用户可以定义一个原点或者零点从而保证机械负载每次的运行起点保证相同。原点模式操作界面的打开方式为**菜单栏->驱动器->控制模式->原点定义**进入，打开后的操作界面如图所示：

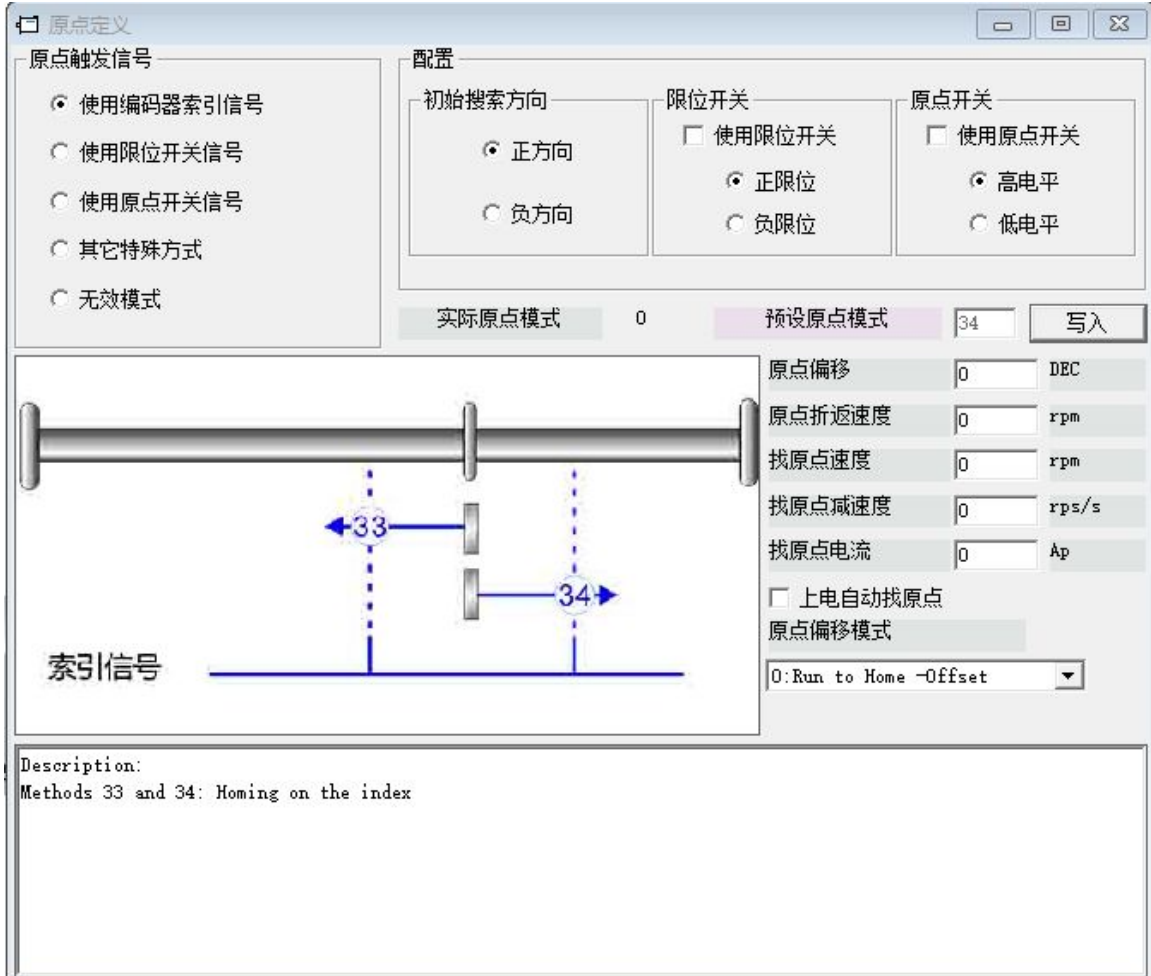


图 5-7 脉冲滤波说明

在原点操作界面首先需选择一种原点触发信号方式，并且在配置栏中可对其相关参数进行设置，并根据用户现场和硬件情况选择机械限位和原点开关相关配置。完成硬件配置选择后进行预设原点模式，若在所选择的原点触发信号方式下不能写入预设原点模式，则可点击右侧的 **写入** 进行直接写入预设原点模式。每一种原点模式的图形效果在操作界面下方显示栏实时显示。

表 5-10 原点模式参数说明

内部地址	参数名称	位数	设置值	对象含义
607C0020	原点偏移	Integer32	用户设定	最终定位距离原点位置的偏移位置设置
60980008	原点模式	Integer 8	用户设定	寻找原点的方式选择
60990220	原点信号速度	Unsigned20	用户设定	寻找原点信号速度
60990308	上电找原点	Unsigned 8	0, 1	每次重新上电后执行一次找原点的功能
609A0020	原点加速度	Unsigned32	用户设定	寻找原点的加速度
60990120	原点转折信号速度	Unsigned32	用户设定	寻找原点开关、限位开关信号时的速度
60990410	寻找原点最大电流	Integer8	用户设定	寻找原点时的最大电流设定
60990508	原点偏移模式	Unsigned 8	0, 1	原点偏移模式控制 0: 运行到原点偏移 1: 运行到原点事件触发点, 结束后实际位置将变为“-原点偏移”
60990608	原点索引信号盲区	Unsigned 8	0, 1	原点索引信号盲区
60600008	工作模式	Integer8	6	驱动器工作模式
60400010	控制字	Unsigned16	0x0F->0x1F	使能驱动器

**注意**

当驱动器的上电找原点参数设置为 1 时, 驱动器上电启动后会即使能电机并开始找原点, 所以用户使用前需充分考虑到安全因素。

原点索引信号盲区:

如果使用的原点模式需要归位信号(位置限制/原点开关)和索引信号, 则当索引信号非常接近归位信号时, 原点索引信号盲区可以避免相同机器归位结果不同的问题。通过在原点回归前设置 1, 驱动器将自动找到一个合适的盲窗口。它可以确保之后, 每次找原点的结果是相同的。

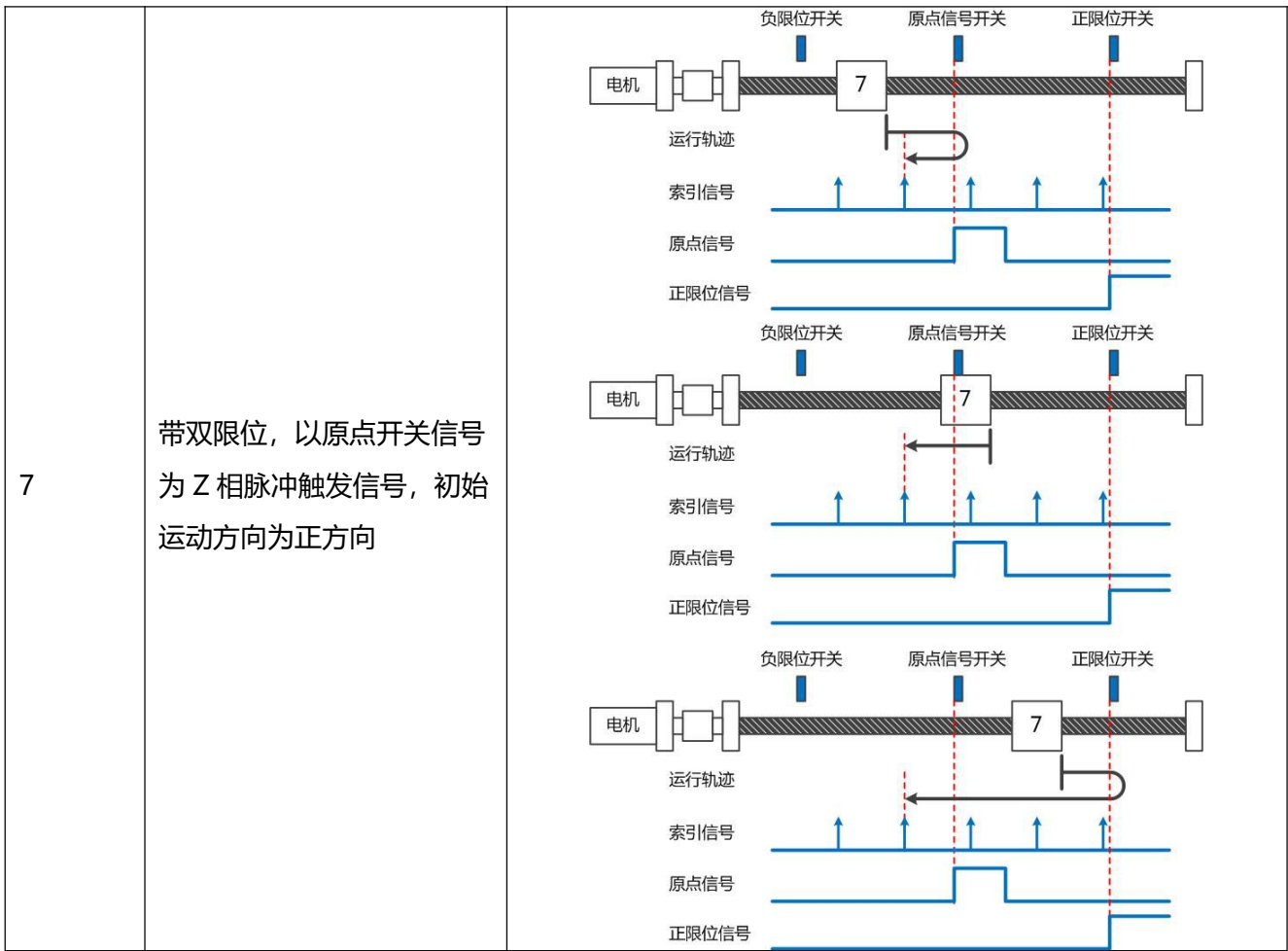
在归位期间, 在找到归位信号之后, 在该盲窗口内部的索引信号将被忽略。原点索引信号盲区(0: 0 圈, 1: 0.25 圈, 2: 0.5 圈)默认为 0; 如果其被设置为 1, 它将根据与原点信号相关的索引信号位置更改 0 或 2。此参数需要保存。如果机械设计在此之后改变, 只需将其重新设置为 1。

表 5-11 各种原点模式介绍

原点模式	描述	原点模式运动轨迹图
------	----	-----------

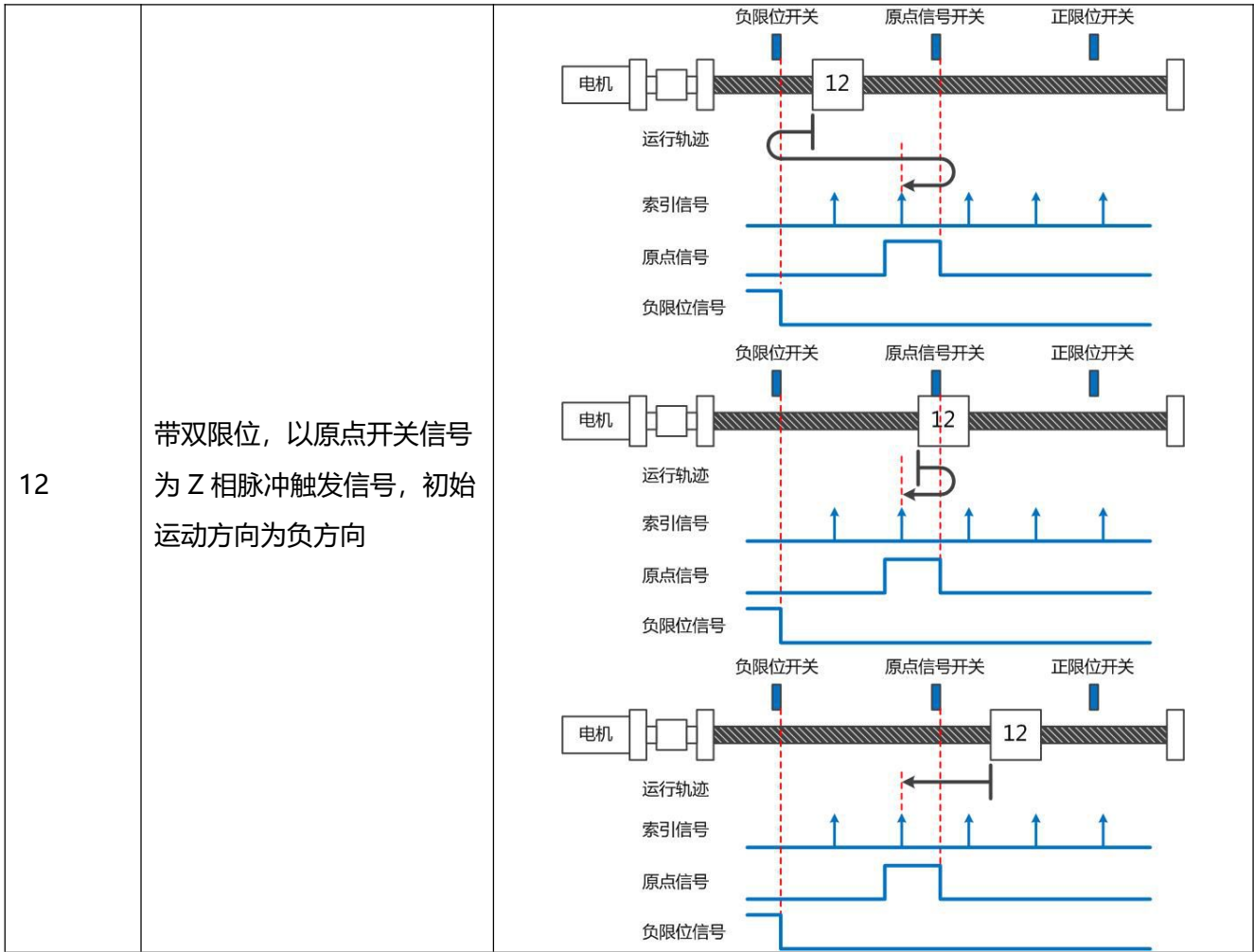
1	以负限位为原点 Z 相脉冲触发信号	<p>负限位开关</p> <p>电机</p> <p>1</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>负限位信号</p>
2	以正限位为原点 Z 相脉冲触发信号	<p>正限位开关</p> <p>电机</p> <p>2</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>正限位信号</p>
3	以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向	<p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>3</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p> <p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>3</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p>
4	以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向	<p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>4</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p> <p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>4</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p>

5	以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向	<p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p> <p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p>
6	以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向	<p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p> <p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>索引信号</p> <p>原点信号</p>



<p>8</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向</p>	<p>Diagram 1: Motor starts at origin (8), moves right, reaches positive limit (正限位开关).</p> <p>Diagram 2: Motor starts at origin (8), moves right, reaches positive limit, reverses back to origin (原点信号开关).</p> <p>Diagram 3: Motor starts at origin (8), moves right, reaches positive limit, reverses back to origin, then moves right again.</p> <p>Each diagram includes: 运行轨迹 (movement path), 索引信号 (index signal), 原点信号 (origin signal), and 正限位信号 (positive limit signal).</p>
<p>9</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向</p>	<p>Diagram 1: Motor starts at origin (9), moves left, reaches negative limit (负限位开关).</p> <p>Diagram 2: Motor starts at origin (9), moves left, reaches negative limit, reverses back to origin (原点信号开关).</p> <p>Diagram 3: Motor starts at origin (9), moves left, reaches negative limit, reverses back to origin, then moves left again.</p> <p>Each diagram includes: 运行轨迹 (movement path), 索引信号 (index signal), 原点信号 (origin signal), and 正限位信号 (positive limit signal).</p>

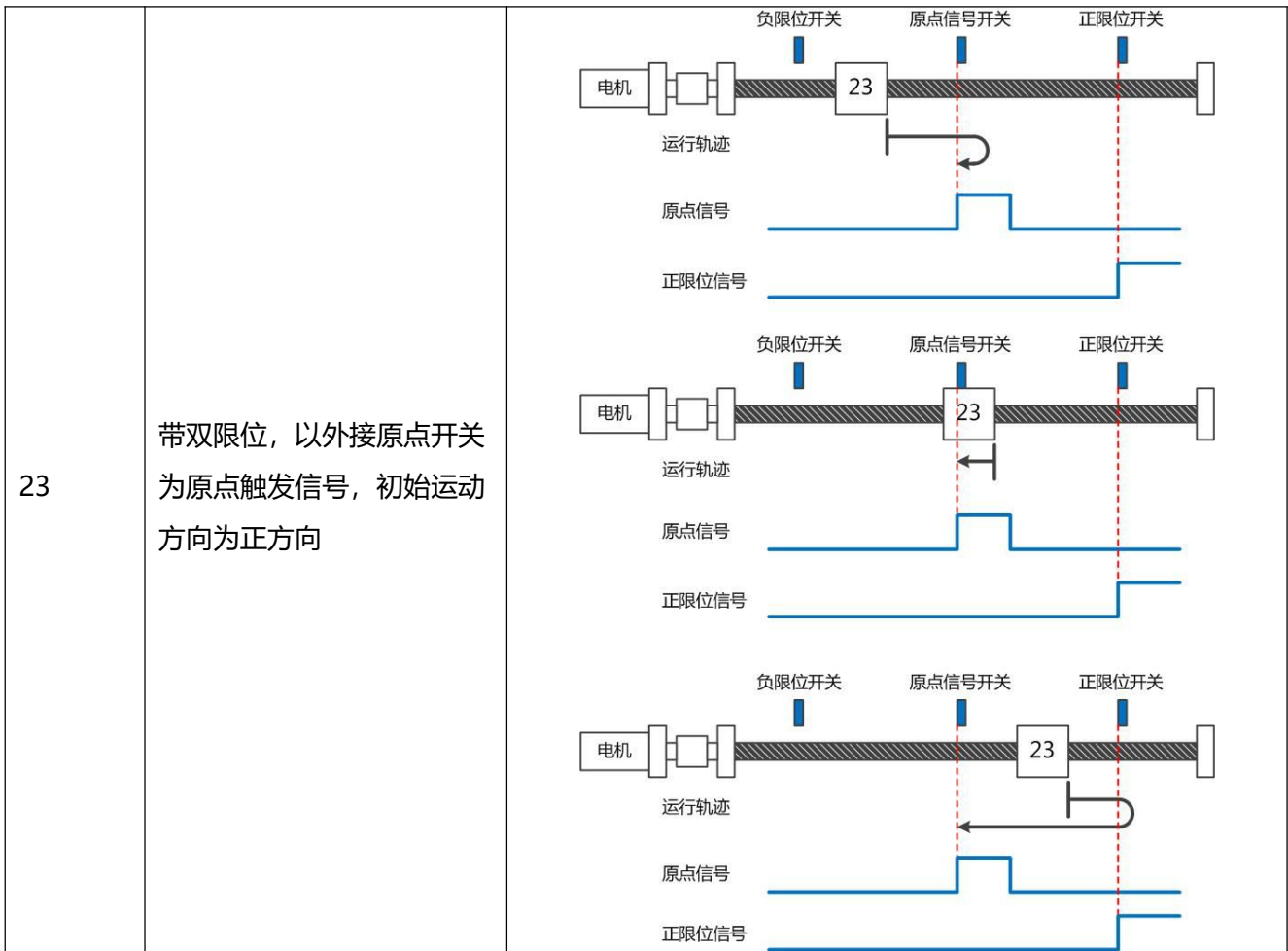
<p>10</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向</p>	
<p>11</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向</p>	

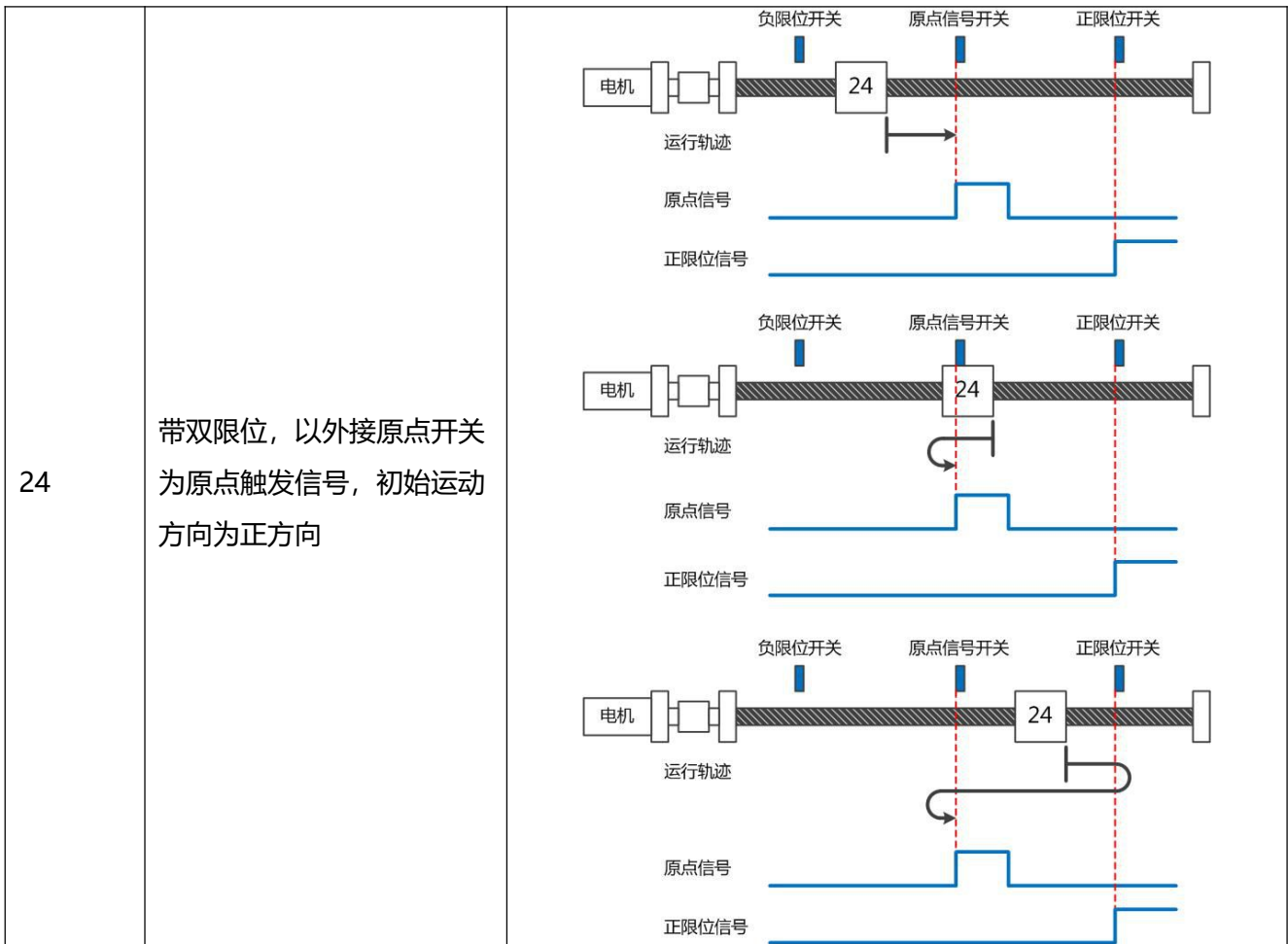


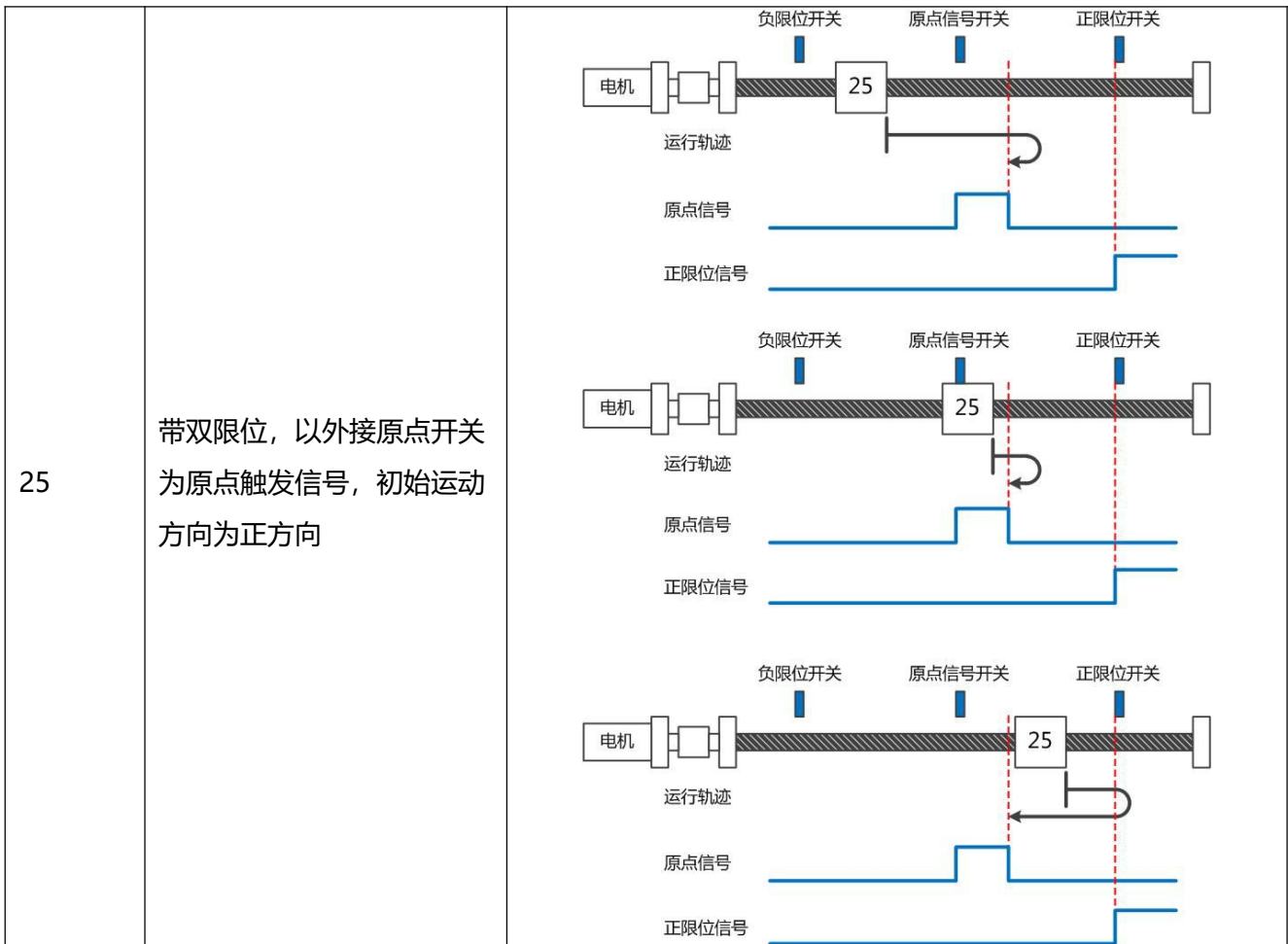
<p>13</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向</p>	
<p>14</p>	<p>带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向</p>	

<p>17</p>	<p>以负限位为原点信号</p>	<p>负限位开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>负限位信号</p> <p>17</p>
<p>18</p>	<p>以正限位为原点信号</p>	<p>正限位开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>正限位信号</p> <p>18</p>
<p>19</p>	<p>以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为正方向</p>	<p>原点信号开关</p> <p>电机</p> <p>运行轨迹</p> <p>原点信号</p> <p>19</p> <p>原点信号开关</p> <p>19</p>

<p>20</p>	<p>以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为正方向</p>	<p>The diagram for mode 20 consists of two parts. The top part shows a motor on the left connected to a carriage labeled '20' on a horizontal track. An arrow labeled '运行轨迹' (running trajectory) points to the right. A vertical dashed red line represents the '原点信号开关' (origin signal switch). The carriage is positioned to the left of this line. The bottom part shows the same setup, but the carriage has moved to the right and is now to the right of the origin signal switch. An arrow labeled '运行轨迹' points to the left, indicating a return motion. A blue signal trace labeled '原点信号' (origin signal) shows a high pulse when the carriage crosses the origin signal switch.</p>
<p>21</p>	<p>以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	<p>The diagram for mode 21 consists of two parts. The top part shows a motor on the left connected to a carriage labeled '21' on a horizontal track. An arrow labeled '运行轨迹' (running trajectory) points to the left. A vertical dashed red line represents the '原点信号开关' (origin signal switch). The carriage is positioned to the right of this line. The bottom part shows the same setup, but the carriage has moved to the left and is now to the left of the origin signal switch. An arrow labeled '运行轨迹' points to the right, indicating a return motion. A blue signal trace labeled '原点信号' (origin signal) shows a high pulse when the carriage crosses the origin signal switch.</p>
<p>22</p>	<p>以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	<p>The diagram for mode 22 consists of two parts. The top part shows a motor on the left connected to a carriage labeled '22' on a horizontal track. An arrow labeled '运行轨迹' (running trajectory) points to the left. A vertical dashed red line represents the '原点信号开关' (origin signal switch). The carriage is positioned to the right of this line. The bottom part shows the same setup, but the carriage has moved to the left and is now to the left of the origin signal switch. An arrow labeled '运行轨迹' points to the right, indicating a return motion. A blue signal trace labeled '原点信号' (origin signal) shows a high pulse when the carriage crosses the origin signal switch.</p>







<p>26</p>	<p>带双限位，以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为正方向</p>	
<p>27</p>	<p>带双限位，以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	

<p>28</p>	<p>带双限位，以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	
<p>29</p>	<p>带双限位，以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	

<p>30</p>	<p>带双限位，以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为负方向</p>	
<p>33, 34</p>	<p>以电机的下一个 Z 相脉冲信号为原点</p>	
<p>35</p>	<p>以电机当前位置为参考原点</p>	
<p>-17, -18</p>	<p>参考机械末端位置为原点的原点模式</p>	

第6章 性能调节

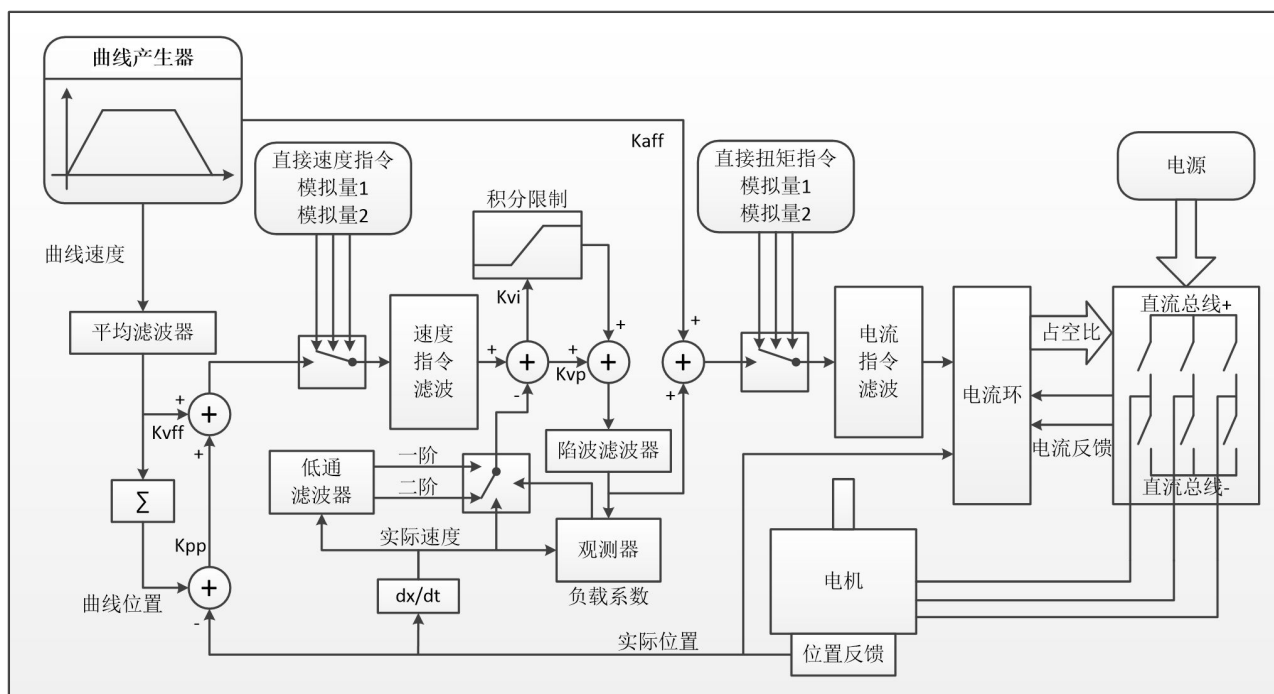


图 6-1 伺服系统控制结构框图

图 6.1 为伺服系统控制结构框图，从图中可以看出，伺服系统一般包括电流环、速度环和位置环三个控制环。对于伺服系统而言，好的控制环参数可以提高伺服的使用性能，能够更好的满足现场的工艺要求。所以调节出好的控制环参数非常有必要。

调试过程中主要需调节速度环和位置环参数。速度环参数与整个机械系统折算到电机轴的负载惯量有关。位置环是伺服系统最外面的控制环，与电机动作模式，即现场应用有关。电流环是伺服系统中最里面控制环，电流环参数与电机参数有关。在正确配置电机后，系统将默认电流环参数为所配电机的最佳参数，故不需要再次调节。

i

- kaff: 位置环加速度前馈
- kvff: 位置环速度前馈
- kvp: 速度环比例增益
- kvi: 速度环积分增益
- kpp: 位置环比例增益

6.1 速度环整定方法

表 6-1 速度环参数列表

内部地址	参数名称	含义描述	默认值	范围
60F90110	速度环比例增益[0]	用于设定速度环的响应速度	/	1~32767
60F90210	速度环积分增益[0]	用于调整速度控制补偿微小误差的时间, 增大积分增益将导致更大的过冲。	/	0-1023
60F90710	速度环积分增益/32	此数据为 kvi 的 1/32, 主要用于高分辨率编码器时的设置	/	0-32767
60F90508	速度反馈滤波	速度环的速度反馈滤波 BW=Speed_Fb_N*20+100[Hz]	7	0~45
60F90608	速度反馈模式	0:二阶低通反馈滤波 1:无反馈滤波 2:观测器反馈 4:一阶低通反馈滤波 10:二阶低通+速度指令滤波 11:速度指令滤波 12:速度指令滤波+观测器 14:一阶低通+速度指令滤波	1	/
60F91508	输出滤波器设置	速度环的速度反馈滤波	1	1-127
60F90820	速度环积分限制	速度环积分限制	/	0-2 ¹⁵

速度环整定步骤如下:

第一步: 确认速度环带宽的上限

速度环带宽限制了位置环带宽, 所以调整速度环带宽尤为重要。

速度环带宽的上限可由几个方面确定:

- 通过手指和耳朵去感受电机震荡和噪音。实际上这是一种经验之谈, 但确是非常有效的。用户可以通过听和摸机器的方式, 选择提高或者降低速度环带宽。
- 另一种方式是观察示波器, 用户生成速度控制的阶跃曲线, 并对实际速度和电流经行采样。通过比较不同速度环带宽下的采样图形我们可以找到最优的曲线——速度曲线迅速跟随指令且没有出现震荡。

第二步: 速度反馈滤波调节

反馈滤波器可以减少来自反馈路径的噪声, 例如, 降低编码器分辨率噪声。

对于不同的应用, 速度反馈滤波器可以通过速度反馈模式(60F9.06)转换为一阶和二阶反馈滤波。

一阶滤波器可以减少较少的噪声, 但也提供较少的相移, 使得速度环增益可以设置得更高。

二阶滤波器可以减少更多的噪声，但也提供更多的相移，从而可以限制速度环增益。

通常，如果机器和负载刚度较好负载较轻，我们可以选择使用第一反馈滤波器或禁用反馈滤波器。如果机器采用柔性连接且负载较重，我们可以选择二阶滤波器。

如果调节速度环增益时电机噪声过大，则可以适当减小速度环反馈滤波器参数 Speed_Fb_N。然而，速度环反馈滤波器带宽 F 必须大于速度环带宽的 2 倍。否则，可能会导致振荡。速度环反馈滤波器带宽 $F = \text{Speed_Fb_N} * 20 + 100$ [Hz]。

第三步：输出滤波器调节

输出滤波器是一阶扭矩滤波器。它可以降低速度控制回路输出高频扭矩，可以激发整个系统的共振。

用户可以尝试将输出滤波器设置(60F9.15)从小调整到大，以减少噪声。

滤波器带宽可以通过以下公式计算：

$$\frac{1}{2} \frac{\ln\left(1 - \frac{1}{\text{Output_Filter_N}}\right)}{T_s \pi}, T_s = 62.5 \text{ us}$$

第四步：速度环带宽计算

要计算速度环路带宽，请参考以下公式：

$$k_{vp} = \frac{1.853358080 \cdot 10^5 \cdot J \pi^2 \cdot F_{bw}}{I_{Max} \cdot k_t \cdot \text{encoder}}$$

Kt——电机转矩常数，单位 N.m/Arms*100

J——系统转动惯量，单位 kg*m²*10⁶

Fbw ——速度环带宽，单位 Hz

I_{max}——对象 0x651003 的值，单位 DEC

Encoder——编码器分辨率

第五步：速度环积分增益调节

积分增益旨在消除静态误差。它可以加强速度环低频增益，更大的积分增益可以降低低频抗干扰响应。

通常，如果机器具有大的摩擦力，则积分增益 (k_{vi}) 应设置得更大。

如果整个系统需要快速响应，则积分应设置为小或甚至为 0，并使用增益切换的功能。

第六步：速度环积分限制调节

通常默认值很好。如果应用系统具有较大的延伸力，则应加大此参数，如果输出电流容易饱和，且饱和输出电流引起了一些低频振荡，则应减小此参数。

6.2 位置环整定方法

表 6-2 位置环参数列表

内部地址	参数名称	含义描述	默认值	范围
60FB0110	位置环比例增益[0]	设定位置环响应带宽, 单位: 0.01Hz	10	0~327
60FB0210	位置环速度前馈	0 表示没有前馈, 100 表示 100%前馈	100	0~100
60FB0310	位置环加速度前馈	在惯量比正确设置的前提下, 才能设置这个参数, 如不知道惯量比, 请直接设置位置环加速度前馈 (0x60FB03)	/	0-32767
60FB0510	平滑滤波	平滑加速和减速过程, 需要在电机松轴状态下设置	1	1~255
60650020	最大跟随误差	最大允许误差, 超过改值会报警 020.0	10000	/

位置环整定步骤如下:

第一步: 位置环比例增益调节

增加位置环比例增益可以提高位置环带宽, 从而减少定位时间, 减少跟随误差, 但设置过大会导致噪声甚至振荡, 必须根据负载条件进行设置。 $K_{pp} = 103 * Pc_Loop_BW$, Pc_Loop_BW 是位置环带宽。位置环路带宽不能超过速度环路带宽, 建议 $Pc_Loop_BW < Vc_Loop_BW / 4$, Vc_Loop_BW 是速度环路带宽。

第二步: 位置环速度前馈调节

增加位置环速度前馈可以减少位置跟随误差, 但可能导致更大的过冲。当位置命令信号不平滑时, 减小位置环速度前馈可以减少电机振荡。

速度前馈功能可以视为上控制器 (例如 PLC) 有机会直接控制位置操作模式下的速度。实际上该功能会消耗部分速度环响应能力, 因此如果设置不能匹配位置环比例增益和速度环带宽, 则会发生过冲。

此外, 前馈到速度环的速度可能不平滑, 并且在内部有一些噪声信号, 因此大速度前馈值也将放大噪声。

第三步: 位置环加速度前馈调节

不建议用户调整此参数。当需要非常高的位置环增益时, 可以适当地调整加速度前馈 K_Acc_FF 以改善性能。

加速度前馈功能可以视为上控制器 (例如 PLC) 有机会直接控制位置操作模式中的扭矩。实际上这个功能会消耗部分电流回路响应能力, 因此如果设置不能匹配位置环比例增益和速度环带宽, 则会发生过冲。

此外, 前馈到速度环的速度可能不平滑, 并且在内部有一些噪声信号, 因此大速度前馈值也将放大噪声。

加速度前馈可以通过以下公式计算:

$$ACC_ \% = 6746518 / K_Acc_FF / [30400710] * 100$$

ACC_%——这意味着将使用多少百分比用于加速度前馈。

K_Acc_FF ——(60FB.03), 计算前馈的最终内部因子。

[30400710]——从自动调谐或右惯量比输入计算的负载系数。



注意

K_Acc_FF 参数值越小，位置环加速度前馈越大。

第四步：平滑滤波调节

平滑滤波是移动平均滤波器。它过滤来自速度发生器的速度命令，使速度和位置命令更平滑。成本是速度命令会在驱动程序中延迟。所以对于一些应用程序，如 CNC，最好不要使用这个过滤器，而是在 CNC 控制器中进行平滑。

平滑滤波器可以通过平滑命令来减少机器影响。参数 Pos_Filter_N 以 ms 为单位定义该过滤器的时间常数。正常情况下，如果机器系统在启动和停止时振动，建议使用较大的 Pos_Filter_N。

第五步：陷波滤波器调节

陷波滤波器可以通过减小谐振频率附近的增益来抑制谐振。

$$\text{反谐振频率} = \text{Notch_N} * 10 + 100$$

注意，将 Notch_On 设置为 1 可打开陷波滤波器。如果谐振频率未知，用户可以将 d2.14 电流指令的最大值设置得较小，使系统振荡幅度在 accep 范围内，然后尝试调节 Notch_N 观察谐振是否消失。

当在软件示波器上发生共振时，可以根据 Iq 曲线粗略地测量谐振频率。

表 6-3 陷波滤波器参数列表

内部地址	参数名称	描述	默认值	范围
60F90308	陷波滤波器	用于设置内部陷波滤波器的频率，以消除电机驱动机器时产生的机械共振。公式为 $F = \text{Notch_N} * 10 + 100$ 。例如，如果机械共振频率 $F = 500 \text{ Hz}$ ，则设置参数应为 40。	45	0~90
60F90408	陷波滤波器控制	用于打开或关闭陷波滤波器 0: 打开陷波滤波器 1: 关闭陷波滤波器	0	0~1

6.3 其他会影响性能的因素

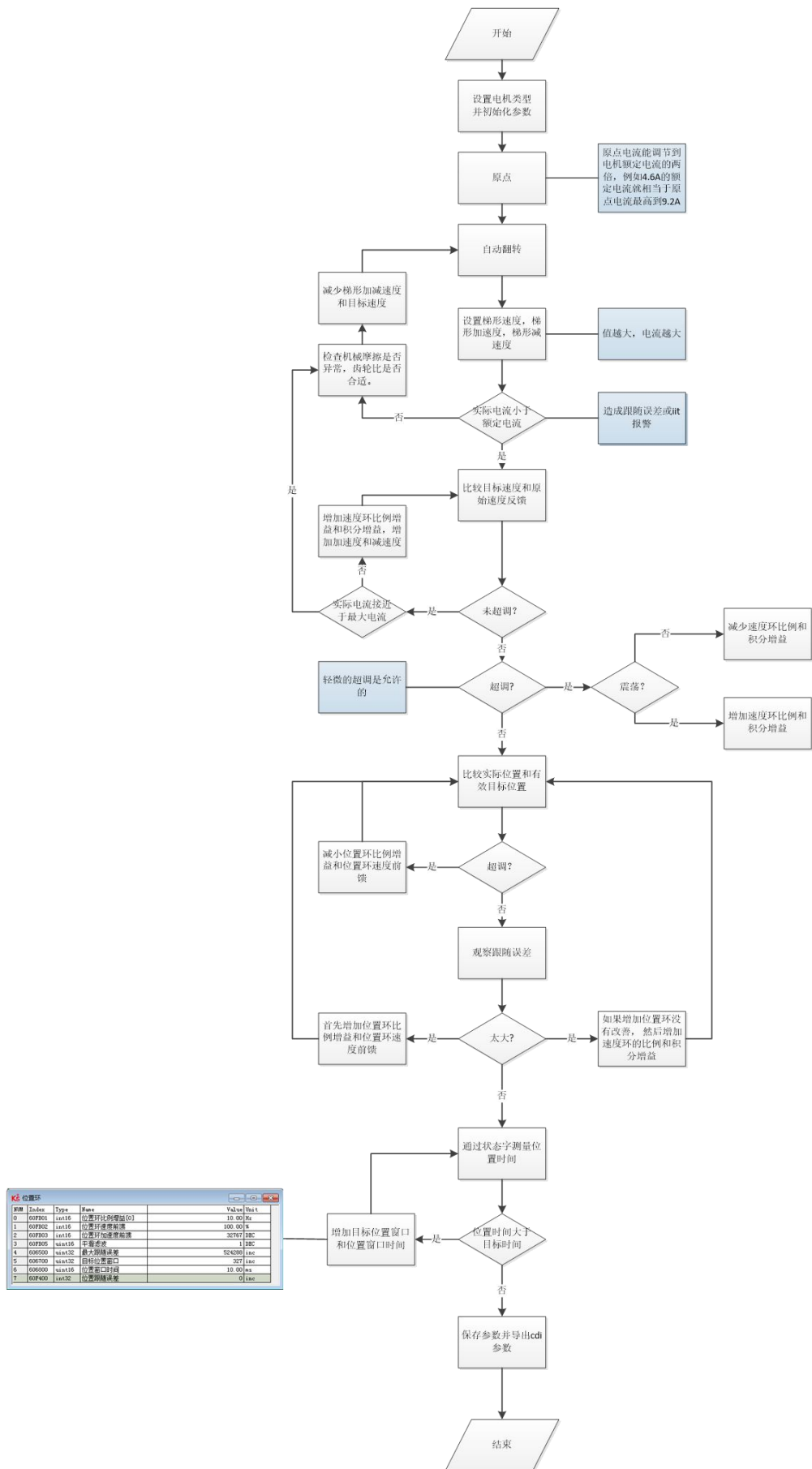
由上控制器（例如 PLC）创建的控制命令。

- 控制命令应尽可能平滑，并且必须正确。例如，控制命令不应创建电机不能提供的加速命令（位置命令内）。
- 控制命令应该遵循控制回路的带宽限制。

机械设计

在应用中，性能通常受机器限制。齿轮中的间隙，皮带的柔性连接，运行中的摩擦，系统中的共振，

都会影响最终控制性能。 控制性能将影响机器的最终性能，如精度，响应性和稳定性。



名称	Index	Type	Units	Value	Unit
0	607801	int16	位置环比例增益(G)	10.00	Ks
1	607802	int16	位置环速度前馈	100.00	%
2	607803	int16	位置环位置前馈	307.0	DEC
3	607805	int16	位置环速度	1.00	DEC
4	606500	int32	最大跟踪误差	524288	1ac
5	606700	int32	目标位置窗口	307	1ac
6	606000	int16	位置窗口时间	10.00	ms
7	607400	int32	位置跟踪误差	0	1ac

图 6-1 调试流程

第 7 章 报警排除

当驱动器报警时，驱动器红色 ERR 灯将会常亮。

如果想查询更详细的错误信息和错误历史记录，请用 RS232 串口通讯线将驱动器连接到电脑上位机查看。

表 7-1 错误状态字 1 报警代码

报警代码	DS402 代码	报警信息	报警原因	处理措施
000.1		扩展错误	错误状态字 2 报警	打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“故障显示”查看错误状态字 2 报警信息，报警内容及解决方式参考表 7-2
000.2	7380	编码器 ABZ 信号错误 (适用于增量式编码器电机)	编码器 ABZ 接线错误或未连接	1. 检查电机型号(6410.01)设置是否正确。 2. 集成伺服内部编码器线断或接线错误。
		编码器通讯错误 (适用于通讯式编码器电机)	编码器接线错误或未连接	
000.4	7381	编码器 UVW 信号错误 (适用于增量式编码器电机)	编码器 UVW 接线错误或未连接	1. 检查驱动器中的电机型号 (6410.01)设置是否正确。 2. 集成伺服内部编码器线断或接线错误。
		编码器内部错误 (适用于通讯式编码器电机)	编码器内部错误或编码器已损坏	
000.8	7306	编码器计数错误 (适用于增量式编码器电机)	编码器受到干扰	1. 检查 X5 的 PE 端是否与电机外壳是否导通 2. 检查集成伺服产品 PE 是否良好接地 3. 使用独立的电源给驱动器供电
		编码器 CRC 错误 (适用于磁电编码器电机)		
001.0	4210	驱动器温度过高	驱动功率模块的温度到达报警值	1. 增加风扇，改善电气柜散热环境 2. 适当增加产品安装距离
002.0	3210	驱动器总线电压过	电源电压超过允许的输入	1. 检查电源电压是否高于标称输出

		高	电压范围	电压值 2. 检查电源电压是否稳定
			没接制动电阻或外部制动装置	1. 连接合适的制动电阻 2. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“控制面板”->“(F005)控制器正确设置“制动电阻阻值”和“制动电阻功率”
			制动电阻不匹配	1. 更换合适的制动电阻 2. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“控制面板”->“(F005)控制器设置” 3. 正确设置“制动电阻阻值”和“制动电阻功率”
004.0	3220	驱动器总线电压过低	电源电压低于允许的输入电压范围	1. 检查电源输出功率是否满足要求 2. 线缆阻抗较大导致线路损耗高,参考3.5章电源线缆规格配线 3. 更换输出功率更大的电源
008.0	2320	驱动器输出短路	驱动器UVW和PE输出端存在短路问题	1. 检查电机动力线缆连接是否正确 2. 驱动器已损坏,更换驱动器
010.0	7110	驱动器制动电阻异常	未正确设置制动电阻参数	1. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“控制面板”->“(F005)控制器设置” 2. 正确设置“制动电阻阻值”和“制动电阻功率”
020.0	8611	实际跟踪误差超过允许	控制环刚性太小	1. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“控制环”->“速度环”和“位置环” 2. 适当增大“速度环比例增益0”“位置环比例增益0”
			驱动器和电机无法满足应用的要求	更换更大功率电机和驱动器
			最大速度限制值太小	1. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”->“控制模式”->“模拟力矩模式”修改“最大速度限制rpm”
			最大跟随误差值太小	2. 打开上位机软件菜单栏“驱动器”

				<p>-> “控制环” -> “位置环”</p> <p>3. 适当增大“最大跟随误差”（务必确保控制环参数已经合适，才能更改这个参数）</p>
			驱动器电流限制过小	<p>1. 打开上位机软件菜单栏“驱动器” -> “基本操作”</p> <p>2. 在允许范围内加大目标电流限制 (6073.00)</p>
040.0	5122	逻辑电压过低	逻辑电压低于 18V，电源电压被拉低	<p>1. 检查电源输出功率是否满足要求</p> <p>2. 更换输出功率更大的电源</p>
080.0	2350	电机或驱动器 IIT 错误	电机轴旋转时，抱闸未打开或未完全打开（仅适用于带抱闸的产品）	集成伺服内部抱闸线断或驱动抱闸电路故障
			机械装置被卡住或摩擦力过大	<p>1. 取消使能，或将驱动器断电</p> <p>2. 用手拖动负载在电机运行行程上来回移动，确保机械结构上没有卡死或摩擦力过大的情况</p> <p>3. 涂润滑剂</p>
			电机 UVW 相序不正确	交换电机 U 相和 V 相接线
100.0	8A80	输入脉冲频率过高	外部脉冲输入频率过高	<p>1. 降低外部脉冲输入频率</p> <p>2. 在不影响正常使用和确保安全的情况下，增大“脉冲频率控制”（打开“驱动器” -> “控制模式” -> “脉冲模式” -> “脉冲频率控制”），最大设为 500</p>
200.0	4310	电机温度过高	电机温度超过其特性值	<p>1. 降低环境温度，提高冷却条件</p> <p>2. 降低电机加速度和减速度</p> <p>3. 减小负载</p>
400.0	7122	电机励磁错误（适用于增量式编码器电机）	电机 UVW 相序不正确	交换 U 相和 V 相电机电机线
			编码器未连接	集成伺服内部编码器连接线断
		编码器信息错误（适用于通讯式编码器电机）	编码器初始化时通讯出错	检查编码器接线，并重启驱动器
			编码器型号错误，如连接了未知的编码器	
			编码器内部数据存储出错	

			驱动器不支持当前编码器类型	
800.0	6310	EEPROM 数据错误	驱动器接通电源后, 从 EEPROM 读出数据时, 数据损坏	<ol style="list-style-type: none"> 1. 打开上位机调试软件菜单栏“驱动器” -> “初始化/保存/重启” 2. 依次点击“初始化控制参数” -> “存储控制参数” -> “存储电机参数” -> “重启” 3. 通过上位机重新导入 cdi 文件

表 7-2 错误状态字 2 报警代码

报警代码	DS402 代码	报警信息	报警原因	处理措施
000.1	0x5210	电流传感器故障	电流传感器信号偏移或者纹波太大	<ol style="list-style-type: none"> 1, 集成伺服 PE 端良好接地 2, 排除周围磁场干扰 3, 电流传感器电路损坏, 请联系供应商
000.2	0x6010	看门狗报错	软件看门狗异常	<ol style="list-style-type: none"> 1, 初始化控制参数——存储控制参数 2, 请联系供应商, 或者尝试更新固件
000.4	0x6011	异常中断	无效的中断异常	<ol style="list-style-type: none"> 1, 初始化控制参数——存储控制参数 2, 请联系供应商, 或者尝试更新固件
000.8	0x7400	MCU 故障	检查到 MCU 型号错误	请联系供应商
001.0	0x6320	电机配置错误	无法自动识别电机型号, EEPROM 无电机数据, 或者电机没有正确配置	重新设置电机参数并存储, 重启驱动器
			驱动器供电电压过低	根据驱动器规格参数选配供电电源
010.0	0x5443	预使能报警	输入口定义预使能, 在驱动器使能或将要使能时, 该输入口没有接受到信号	根据原因分析解决
020.0	0x5442	正限位报错	正限位信号被触发 (找原点), 正限位错误只有在“限位功能定义”	找到原点信号后又遇到了限位信号, 或者找原点过程中出现了不应该出现的限位信号

			(2010.19)被设置为 0 后才会触发	
040.0	0x5441	负限位报错	负限位信号被触发（找原点），正限位错误只有在“限位功能定义(2010.19)”被设置为 0 后才会触发	找到原点信号后又遇到了限位信号，或者找原点过程中出现了不应该出现的限位信号
080.0	0x6012	SPI 故障	内部固件在处理 SPI 时出错	请联系供应商
200.0	0x8A81	全闭环故障	电机与位置编码器方向不一致	更改编码器计数方向
800.0	0x7306	主编码器计数错误	主编码器计数错误	确保控制器可靠接地及编码器屏蔽良好

第 8 章 常用对象列表



注意

CANopen 地址和 232 通讯地址相同：

- 用 Index(16 位地址)、Subindex (8 位子地址) 形式表示寄存器寻址,
- 位数 0x08 表示此寄存器将存放的数据长度为 1 个 Byte, 位数 0x10 表示存放的数据长度为 2 个 Byte, 位数 0x20 表示存放的数据长度为 4 个 Byte,
- R: 可读, W: 可写, S:可保存, M: 可映射,
- 一个完整的 CANopen 地址格式为: 60400010 (控制字) ,

Modbus 地址为 4 位 16 进制数,

- 一个完整的 Modbus 地址格式为: 3100 (控制字) 。

8.1 模式及控制 (0x6040)

名称	CANopen	Modbus	命令属性	数据类型	详细解释
控制字	60400010	3100	RWM	Unsigned16	0x06: 电机断电 0x0F: 电机上电 0x0B: 快速停止, 负载停止-电压断开 0x2F→3F: 进入绝对定位方式 0x4F→5F: 进入相对定位方式 0x103F: 根据目标位置变化立即绝对定位 0x0F→1F: 原点定位 0X86: 清除内部故障
状态字	60410010	3200	RM	Unsigned16	状态字节显示驱动器的状态 bit0: 准备上电 bit1: 已上电 bit2: 使能 bit3: 故障 bit4: 禁止输出电压 bit5: 快速停止 bit6: 上电禁止 bit7: 警告 bit8: 内部保留 bit9: 远程控制 bit10: 目标位置到 bit11: 内部限位激活 bit12: 脉冲响应 bit13: 跟随误差/原点错误 bit14: 找到电机励磁 bit15: 原点找到
工作模式	60600008	3500	RWM	Integer8	工作模式: 1: 带位置环的定位模式 3: 带位置环的速度模式 4: 力矩模式 -3: 速度环(立即速度模式) -4: 脉冲模式 6: 找原点模式 7: 基于 CANopen 的运动插补
绝对/相对位置控制选择	20200F	0CF0	RWS	61 Unsigned16	当“驱动器使能”功能被配置到 Din 时,且相应的 Din 有效输入为 1 时“控制字”(6040.00)会被设为该值; 0x2F: 绝对位置控制 0x4F: 相对位置控制

8.2 测量数据

名称	CANopen	Modbus	命令类型	数据类型	详细解释
实际位置	60630020	3700	RM	Integer32	
实际电流值	60780010	3E00	RM	Integer16	
输入口状态	60FD0020	6D00	RM	Unsigned32	bit0: 负限位信号状态 bit1: 正限位信号状态 bit2: 原点信号状态 bit3: 硬件锁定信号状态
实际速度	606C0020	3B00	RM	Integer32	rpm

**注意**

0x606C0020, 单位换算关系为 $DEC=[(RPM*512*编码器分辨率)/1875]$

8.3 目标对象 (0x607A)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
速度位置方向控制	607E0008	4700	RWS	Unsigned8	运行极性翻转 0: 逆时针为正方向 1: 顺时针为正方向
目标位置	607A0020	4000	RWM	Integer32	位置模式 1 下的目标位置, 如果控制字设定为开始运动, 转变成为有效指令位置 inc
梯形速度	60810020	4A00	RWM	Unsigned32	工作模式 1 时的梯形曲线的速度 rpm
目标速度	60FF0020	6F00	RWM	Integer32	模式 3、-3 时的目标速度
最大速度限制	60800010	4900	RW	Unsigned16	默认值为 5000rpm
梯形加速度	60830020	4B00	RWSM	Unsigned32	默认值: 100.00rps/s
梯形曲线的减速度	60840020	4C00	RWSM	Unsigned32	默认值: 100.00rps/s
目标力矩	60710010	3C00	RW	Integer16	力矩模式的扭矩指令, 目标力矩占额定力矩的百分比
目标电流	60F60810	5880	RWM	Integer16	力矩模式下的电流指令
目标电流限制	60730010	3D00	RWSM	Unsigned16	电流指令最大值, 单位 Arms

**注意**

速度地址：0x60810020, 0x60800020, 0x60FF0020

单位换算关系为 $DEC=[(rpm*512*编码器分辨率)/1875]$

加减速度地址：60830020, 60840020,

单位换算关系为 $DEC=[(rps/s*65536*编码器分辨率)/4000000]$

电流地址：60710010, 60730010

单位换算关系为 $1Arms=[2048/(Ipeak/1.414)]DEC$ 其中 $Ipeak$ 为驱动器峰值电流

8.4 多段位置/多段速度 (0x2020)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
多段位置控制 0	20200120	0C10	RWS	Integer32	
多段位置控制 1	20200220	0C20	RWS	Integer32	
多段位置控制 2	20200320	0C30	RWS	Integer32	
多段位置控制 3	20200420	0C40	RWS	Integer32	
多段位置控制 4	20201020	0D00	RWS	Integer32	
多段位置控制 5	20201120	0D10	RWS	Integer32	
多段位置控制 6	20201220	0D20	RWS	Integer32	
多段位置控制 7	20201320	0D30	RWS	Integer32	
多段速度控制 0	20200520	0C50	RWS	Integer32	
多段速度控制 1	20200620	0C60	RWS	Integer32	
多段速度控制 2	20200720	0C70	RWS	Integer32	
多段速度控制 3	20200820	0C80	RWS	Integer32	
多段速度控制 4	20201420	0D40	RWS	Integer32	
多段速度控制 5	20201520	0D50	RWS	Integer32	
多段速度控制 6	20201620	0D60	RWS	Integer32	
多段速度控制 7	20201720	0D70	RWS	Integer32	

8.5 性能对象 (0x6065)

名称	Subindex	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
最大跟随误差	60650020	3800	RWSM	Unsigned32	跟随误差值报警值 默认值 524288inc
目标位置窗口	60670020	3900	RWS	Unsigned32	“目标位置到达”的误差范围, 默认值 327inc
位置到时间窗口	25080916	1990	RW	Unsigned16	目标 (位置、速度) 到时间窗口, 与 60670020 共同决定位置到信号
速度到窗口	60F90A20	63A0	RWS	Integer32	实际速度达到目标速度或梯形速度时的误差窗口, 与 25080916 共同决定速度到信号
零速输出速度窗口	20101810	0980	RWS	Unsigned16	实际速度为 0 时的误差窗口
零速输出时间	60F91410	6440	RWS	Unsigned16	零速输出速度窗口 0x201018 达到设定范围后需要保持一段时间才会输出零速信号, 时间由零速输出时间决定
软限位正设置	607D0120	4410	RWS	Integer32	软限位正设置 inc
软限位负设置	607D0220	4420	RWS	Integer20	软限位负设置 inc
限位功能定义	20101908	0990	RWS	Unsigned8	用于设定限位到达后的动作 0: 找到原点后如果出现了限位, 则报警 1: 不作任何处理

8.6 原点控制 (0x6098)

名称	CANopen	Modbus	命令类型	类型	详细解释
原点模式	60980008	4D00	RWSM	Integer8	寻找原点模式 详见原点控制模式章节
原点转折信号速度	60990120	5010	RWSM	Unsigned32	碰触到触发事件后, 寻找原点的速度 rpm
原点信号速度	60990220	5020	RWSM		开始寻找原点时的速度
寻找原点时的加速度	609A0020	5200	RWS	Unsigned32	寻找原点时的加速度 rps/s
原点偏移	607C0020	4100	RWSM	Integer32	找到原点后的偏移值 inc
原点偏移模式	60990508	5050	RWS	Unsigned8	原点偏移模式控制 0: 运行到原点偏移位置, 实际位置显示为 0 1: 运行到事件触发点, 结束后实际位置将变为: -原点偏移

8.7 速度环参数 (0x60F9)

名称	CANopen	Modbus	命令类型	数据类型	详细解释
速度环比例增益	60F90110	6310	RW	Unsigned16	数值越大, 增益越强, 但可能导致电机啸叫
速度环积分增益	60F90210	6320	RW	Unsigned16	数值越大增益越强, 但可能导致电机啸叫
速度环积分增益 /32	60F90710	6370	RW SL	Unsigned16	此数据为 kvi 的 1/32
速度反馈滤波	60F90508	6350	RW	Unsigned8	速度环的速度反馈滤波 $BW = \text{Speed_Fb_N} * 20 + 100 [\text{Hz}]$

8.8 位置环参数 (0x60FB)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
位置环比例增益 0	60FB 0110	6810	RWS	Unsigned16	位置环的比例值
位置环速度前馈	60FB0210	6820	RWS	Unsigned16	位置环速度前馈
位置环加速度前馈	60FB0310	6830	RWS	Unsigned16	位置环的加速度前馈
平滑滤波	60FB0510	6850	RWS	Unsigned16	在非使能状态下修改

8.9 输入输出参数 (0x2010)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
数字输入 1	20100310	0830	RWS	Unsigned16	参照下方功能定义
数字输入 2	20100410	0840	RWS	Unsigned16	
数字输入 3	20100510	0850	RWS	Unsigned16	
数字输入 4	20100610	0860	RWS	Unsigned16	
数字输出 1	20100F10	08F0	RWS	Unsigned16	
数字输出 2	20101010	0900	RWS	Unsigned16	
输入口状态	20100A10	08A0	RM	Unsigned16	bit0: Din1 bit1: Din2 bit2: Din3 bit3: Din4
输出口状态	20101410	0940	RM	Unsigned16	bit0: Dout1 bit1: Dout2
改变输入信号极性定义	20100110	0810	RWS	Unsigned16	0: 常闭; 1: 常开 bit0: Din1 bit1: Din2 bit2: Din3 bit3: Din4 bit4: Din5 bit5: Din6 bit6: Din7 bit7: Din8 默认值 0xFF
输出口极性定义	20100D10	08D0	RWSM	Unsigned16	输出口极性定义
输入口信号模拟	20100210	0820	RW	Unsigned16	bit0: Din1 bit1: Din2 bit2: Din3 bit3: Din4 bit4: Din5 bit5: Din6 bit6: Din7 bit7: Din8
输出口信号模拟	20100E10	08E0	RWM 68	Unsigned16	bit0: Dout1 bit1: Dout2 bit2: Dout3 bit3: Dout4 bit4: Dout5



注意

数字输入功能定义 (16 进制)	输出口定义 (16 进制)
0001: 驱动器使能	0001: 驱动器就绪
0002: 驱动器错误复位	0002: 驱动器错误
0004: 驱动器工作模式控制	0004: 电机位置到
0008: 速度环 kvp 控制	0008: 电机零速
0010: 正限位	0010: 电机抱闸刹车
0020: 负限位	0020: 电机速度到
0040: 原点信号	0040: 索引信号出现
0080: 速度指令反向	0080: 力矩模式下达到最大限制速度
0100: Din 速度索引 0	0100: 电机锁轴
0200: Din 速度索引 1	0200: 限位中
0400: Din 位置索引 0	0400: 原点找到
0800: Din 位置索引 1	0800: 扭矩达到限制
1000: 紧急停止	1000: 多功能信号 0
2000: 开始找原点	2000: 多功能信号 1
4000: 指令激活	4000: 多功能信号 2
8001: Din 速度索引 2	
8002: Din 位置索引 2	
8004: 多功能输入信号 0 (用于设置多段电子齿轮比)	
8008: 多功能输入信号 1	
8010: 多功能输入信号 2	
8020: 增益切换 0	
8040: 增益切换 1	
8080: 最大电流切换输入开关	
8100: 电机故障	
8200: 预使能 (IO 口必须有使能信号, 否则会报警, 用于某些需要确定安全后才能运行机器的场合)	
8400: 快速捕捉 1	
8800: 快速捕捉 1	
A001: 清除脉冲	
A002: 暂停	

8.10 脉冲输入参数 (0x2508)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
电子齿轮分子 0	25080110	0x1910	RWSM	Integer16	电子齿轮分子 0
电子齿轮分母 0	25080210	0x1920	RWSM	Unsigned16	电子齿轮分母 0
脉冲模式控制	25080310	0x1930	RWSB	Integer16	0: 双脉冲模式 1: 脉冲方向模式 2: 增量式编码器模式
电子齿轮前输入脉冲数	25080410	0x1940	RWM	Integer16	电子齿轮前输入脉冲数
电子齿轮后输入脉冲数	25080510	0x1950	RW	Integer16	电子齿轮后输入脉冲数
脉冲滤波参数	25080610	0x1960	RWS	Unsigned16	脉冲滤波参数
齿轮前脉冲频率	25080C10	0x19C0	RM	Integer16	齿轮前脉冲频率 (pulse/mS)
齿轮后脉冲频率	25080D10	0x19D0	RW	Integer16	齿轮后脉冲频率 (pulse/mS)

8.11 用于存储的参数 (0x2FF0)

名称	Subindex	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
存储控制参数	2FF00108	2910	RW	Unsigned8	1: 存储设定的所有配置参数 10: 初始化所有的配置参数 注: 存储控制环参数, 不包括电机参数。
存储电机参数	2FF00308	2930	RW	Unsigned8	1: 存储设定的所有电机参数

8.11 错误代码 (0x2601)

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
错误字	26010010	1F00	RM	Unsigned16	实时报警错误状态 bit0: 内部错误报警 bit 1: 编码器 ABZ 连接报警 bit 2: 编码器 UVW 连接报警 bit 3: 编码器计数报警 bit 4: 驱动器高温报警 bit 5: 驱动器高压报警 bit 6: 驱动器低压报警 bit 7: 驱动器过流报警 bit 8: 吸收电阻报警 bit 9: 位置误差过大报警 bit 10: 逻辑低压报警 bit 11: 电机或驱动器 iit 报警 bit 12: 脉冲频率过高报警 bit 13: 电机高温报警 bit 14: 电机励磁报警 bit 15: 存储器报警

8.12 停止模式

名称	CANopen	modbus	命令类型	数据类型	详细解释
快速停止模式	605A0010	3400	RWS	Integer16	遇到限位开关, 紧急停止开关, 或控制字为 0x000B 0: 不受控停止 1: 曲线停止 2: 快速停止减速度停止 5: 曲线停止, 最后停在快速停止状态 6: 快速停止减速度停止, 最后停在快速停止状态
关机停止模式	605B0010	3410	RWS	Integer16	关机停止模式 (驱动器使能取消) 0: 不受控停止 1: 曲线停止 2: 快速停止减速度停止
禁止停止模式	605C0010	3420	RWS	Integer16	0: 不受控停止 1: 曲线停止 2: 快速停止减速度停止
暂停模式	605D0010	3430	RWS	Integer16	控制字 bit8 设置为 1 令电机暂停并处于使能状态 1: 当前减速度减速停止 2: 快速停止减速度停止
报错停止模式	605E0010	3440	RWS	Integer16	驱动器报警时 0: 立即停止 1: 减速停止 2: 使用快速停止减速度停止
梯形减速度	60840020	4C00	RWSM	Unsigned32	工作模式模式 1 和 3 下的减速度
快速停止减速度	60850020	3300	RWS	Unsigned32	急停减速度

第9章 RS232 通讯

MD 伺服可以通过 RS232 接口 (X2) 连接用于配置参数和调试, 具体接口定义和通信协议如下描述:

9.1 RS232 接线定义

可购买步科的 OD124RS232-0.5M 线缆连接电脑串口调试 MD 系列集成式伺服电机。

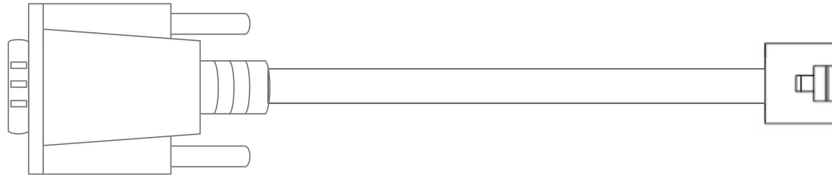


图 9-1 OD124RS232-0.5M 通讯线缆

也可使用随产品配送的 RS232 接线端子和插针制作通讯线缆。引脚对应关系如下图 9-2 所示。

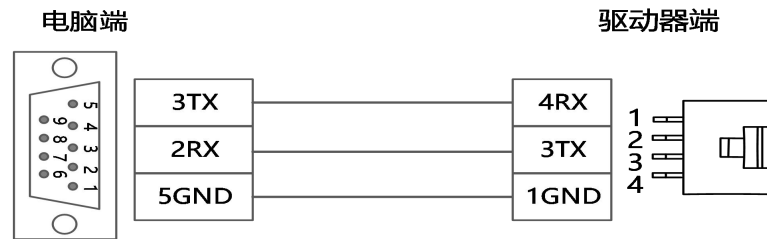


图 9-2 RS232 转 DB9 线缆引脚对应关系

9.2 传输协议

RS232 通讯遵循主从站协议。主机发送数据给驱动器, 驱动器会检查数据校验码和 ID 号是否匹配, 若匹配处理数据并回复。驱动器的默认通讯参数设置如下:

波特率: 38400bps

数据位: 8

停止位: 1

无校验

可以通过对象 RS232 波特率 (2FE0.00) 修改驱动器的通讯波特率。改完后需要保存重启驱动器才能生效。

驱动器 ID 号可以通过拨码开关或对象设备站号 (2F80.01) 设置。改完后需要保存重启驱动器才能生效。拨码优先级高于设置设备站号, 通过拨码设置设备站号, 则无法通过上位机修改设备站号。如需通过上位机

变更站号，需先将 ID 的拨码全部拨为 OFF。

RS232 使用的传输协议采用固定的十字节数据包格式：

字节 0	字节 1 ...字节 8	字节 9
驱动器 ID	数据	校验码 CHKS

$$\text{CHKS} = -\text{SUM}(\text{byte } 0 \dots \text{byte } 8)$$

9.2.1 一对一通讯协议

一个主站和一台伺服通讯，驱动器的 RS232 级联通讯(6510.0B)设置为 0。

主站发送：

字节 0	字节 1 ...字节 8	字节 9
驱动器 ID	主站发送数据	校验码 CHKS

从站发送/主站接收

字节 0	字节 1 ...字节 8	字节 9
驱动器 ID	从站发送数据	校验码 CHKS

驱动器会检查数据帧中和驱动器 ID 匹配的数据帧的校验码 CHKS，如果校验码不匹配驱动器不对这帧数据回复且丢弃这帧数据。

9.3 数据协议

数据协议指的是传输数据帧中字节 1 到字节 8 的数据的协议，共有 8 个字节。MD 系列集成伺服 RS232 数据协议符合 CANopenSDO 的协议标准，内部数据对象结构也符合 CANopen 标准。所有数据对象通过一个 24 位的数据地址指定，数据地址由 16 位的索引地址和 8 位的子索引构成。

9.3.1 写入 (主站到从站)

写入指的是主站发送命令给从站对象写值，如果写入到一个不存在的对象中，从站将会产生一个错误。

主站发送数据格式：

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7
功能码	索引	子索引	数据				

**注意**

功能码：指定数据传送的方向和大小。

23 (hex) 发送 4 个字节数据 (bytes 4...7 包含 32 bits)

2b (hex) 发送 2 个字节数据 (bytes 4...5 包含 16 bits)

2f (hex) 发送 1 个字节数据 (bytes 4 包含 8 bits)

索引：发送的数据对象地址，16 位

子索引：发送的数据对象子地址，8 位

数据：要发送的数据，8 位、16 位或 32 位

从站回复数据格式：

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7
功能码	索引	子索引	保留				

**注意**

功能码：表示从站的回应

60 (hex) 数据发送成功

80 (hex) 错误，字节 4 到字节 7 中包含错误代码

索引：发送的数据对象地址，16 位，和主站发送的一样

子索引：发送的数据对象地址，8 位，和主站发送的一样

保留：保留备用

9.3.2 读取 (从站到主站)

读取指主站发送命令读取从站数据对象的数值。如果读取到一个不存在的对象中，从站将会产生一个错误。

主站发送数据格式：

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7
功能码	索引	子索引	保留				

**注意**

功能码：指定数据传送的方向和大小。

40 (hex) 读数据，任何长度的

索引：读取的数据对象地址，16 位

子索引：读取的数据对象地址，8 位

保留：字节 4 到字节 7 保留

从站回复数据格式：

字节 0	字节 1	字节 2	字节 3	字节 4	字节 5	字节 6	字节 7
功能码	索引	子索引	数据				



注意

功能码：表示从站的回应

43 (hex) 数据长度为 32 位，包含在字节 4 到字节 7 中

4b (hex) 数据长度为 16 位，包含在字节 4 到字节 5 中

4f (hex) 数据长度为 8 位，包含在字节 4 中

80 (hex) 错误，字节 4 到字节 7 中包含错误代码

索引：读取的数据对象地址，16 位，和主站发送的一样

子索引：读取的数据对象地址，8 位，和主站发送的一样

数据：读取的数据或者是错误代码，可以根据功能码判断

9.4 RS232 通讯例子

以下是 RS232 通讯例子：

驱动器 ID	读写命令	索引	子索引	数据	校验码	备注
01	2B	40 60	00	2F 00 00 00	05	控制字设置为 0x2F, 使能驱动器
01	2F	60 60	00	06 00 00 00	0A	设置工作模式为 0x06
01	23	7A 60	00	50 C3 00 00	EF	设置目标位置为 50000
01	40	41 60	00	00 00 00 00	1E	读取驱动器状态字

以下是各种模式发送报文，全部以站号为 1 举例。

原点控制模式 (控制字先 F 后 1F)				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60400010	控制字	F	<u>01 2B 40 60 00 0F 00 00 00 25</u>	原点转折信号速度和原点信号速度默认单位 DEC, DEC=[(RPM*512*编码器分辨率)/1875]
60600008	工作模式	6	<u>01 2F 60 60 00 06 00 00 00 0A</u>	
60980008	原点模式	33	<u>01 2F 98 60 00 21 00 00 00 B7</u>	
60990120	原点转折信号速度	200RPM	<u>01 23 99 60 01 55 55 08 00 30</u>	
60990220	原点信号速度	150RPM	<u>01 23 99 60 02 00 40 06 00 9B</u>	
60400010	控制字	1F	<u>01 2B 40 60 00 1F 00 00 00 15</u>	
<u>01 40 41 60 00 00 00 00 00 1E</u> 读取状态字, C037 表示原点找到				
位置控制模式 (控制字绝对定位先 2F 后 3F 相对定位先 4F 后 5F, 103F 立即更新)				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注

60400010	控制字	F	01 2B 40 60 00 0F 00 00 00 25	DEC=[(RPM*512*编码器分辨率)/1875]
60600008	工作模式	1	01 2F 60 60 00 01 00 00 00 0F	
607A0020	目标位置	50000inc	01 23 7A 60 00 50 C3 00 00 EF	
60810020	梯形速度	200RPM	01 23 81 60 00 55 55 08 00 49	
60830020	梯形加速度	100.00rps/s	使用默认值	DEC=[(RPS/S*65536*编码器分辨率)/1000/4000]
60840020	梯形减速度	100.00rps/s	使用默认值	
60400010	控制字	2F	01 2B 40 60 00 2F 00 00 00 05	
		3F(绝对定位)	01 2B 40 60 00 3F 00 00 00 F5	
		4F	01 2B 40 60 00 4F 00 00 00 E5	
		5F(相对定位)	01 2B 40 60 00 5F 00 00 00 D5	
01 40 41 60 00 00 00 00 1E			读取状态字, D437 表示位置到	

速度控制模式				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60600008	工作模式	3	01 2F 60 60 00 03 00 00 00 0D	目标速度默认单位
60FF0020	目标速度	150RPM	01 23 FF 60 00 00 40 06 00 37	DEC,
60400010	控制字	F	01 2B 40 60 00 0F 00 00 00 25	DEC=[(RPM*512*编码器分辨率)/1875]梯
60830020	梯形加速度	100.00 rps/s	使用默认值	形加减速默认单DEC,
60840020	梯形减速度	100.00 rps/s	使用默认值	DEC=[(RPS/S*65536*编码器分辨率)/1000/4000]



注意

通讯模式下数据以十六进制格式传输。

第 10 章 RS485 通讯

10.1 RS485 接线说明

MD 伺服系统的 RS485 口支持 RS485-2，不支持 RS422 通讯功能，可以用该通讯口修改伺服内部参数以及监控伺服状态等。



图 10-1 与 PLC 端 485 通讯连接方式

10.2 RS485 通讯参数列表

内部地址	参数名称	含义	默认值
100B0010	设备站号	驱动器站号	1
2FE20010	RS485 波特率	用于设置 RS485 的波特率 设置值 波特率 1080-----9600 540-----19200 270-----38400 90-----115200 注：需要保存再重新启动。	540
65100C08	RS485 通讯协议选择	0：使用 Modbus 协议 1：使用 RS232 协议 注：需要设置为 0，保存再重新启动。	1
65100E10	RS485 模式	数据位=8，停止位=1，无奇偶校验	固定值

10.3 MODBUS RTU 通讯协议

MD 伺服支持 MODBUS RTU 通讯协议，其内部对象为不连续的 16 位数据寄存器（被上位机读写时映射为 4X）。报文格式如下：

目标站号	功能码	数据	CRC 校验码
1 字节	1 字节	N 字节	2 字节

10.4 Modbus 常用功能码简介

- 功能码 0x03：读数据寄存器

请求格式：

目标站号	功能码	Modbus 地址		读取字节数		CRC
		高字节	低字节	高字节	低字节	
1 字节	03	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	2 字节

应答格式：

目标站号	功能码	返回字节数	寄存器数据		CRC
			高字节	低字节		
1 字节	03	1 字节	1 字节	1 字节	2 字节



注意

若地址不存在等响应错误，则返回的功能码为 0x81。

- 功能码 0x06：写单数据寄存器

请求格式：

目标站号	功能码	Modbus 地址		修改内容		CRC
		高字节	低字节	高字节	低字节	
1 字节	06	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	2 字节

应答格式：若设置成功，原文返回。



注意

若所写数据超出范围，地址不存在，对只读数据操作等响应错误，则返回的功能码为 0x86。

- 功能码 0x10：写多保持寄存器

请求格式：

目标站号	功能码	Modbus 地址	数据长度 (word)		写入数据字节数 (byte)	低位数据		高位数据		CRC
			高字节	低字节		高字节	低字节	高字节	低字节	
1 字节	10	2 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	1 字节	2 字节

应答格式:

目标站号	功能码	Modbus 地址	数据长度 (word)		CRC
			高字节	低字节	
1 字节	10	2 字节	1 字节	1 字节	2 字节



注意

若所写数据超出范围, 地址不存在, 对只读数据操作等响应错误, 则返回的功能码为 0x90。

范例说明: 发送报文 01 10 6F 00 00 02 04 55 55 00 08 1A 47

报文含义: 01——ID 号;

10——功能码, 写多个 WORD;

6F 00——伺服可写对象“目标速度” 60FF0020 的 modbus 地址, 数据长度为 2 个 WORD;

00 02——写入 2 个 WORD;

04——数据长度为 4 个 BYTE (2 个 WORD);

55 55 00 08——写入数据 16 进制 00085555, 十进制 546133, 换算为 200RPM;

1A 47——校验码。

10.5 Modbus 报文范例

以下是各种模式发送报文, 全部以站号为 1 举例。

表 10-1485 报文格式

内部地址	变量名称	备注	报文 (ID=1)
3500	工作模式	工作模式为 3	01 06 35 00 00 03 C6 07
6F00	目标速度	转速 150RPM	01 10 6F 00 00 02 04 55 55 00 08 1A 47
3100	控制字	使能写 F	01 06 31 00 00 0F C7 32
3200	状态字	读取驱动器状态	01 03 32 00 00 02 CA B3

原点控制模式 (控制字先 F 后 1F)

内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60400010	控制字	F	01 06 31 00 00 0F C7 32	
60600008	工作模式	6	01 06 35 00 00 06 06 04	
60980008	原点模式	33	01 06 4D 00 00 21 5E BE	
60990120	原点转折信号速度	200RPM	01 10 50 10 00 02 04 55 55 00 08 0E BA	

60990220	原点信号速度	150RPM	01 10 50 20 00 02 04 40 00 00 06 98 76	
60400010	控制字	1F	01 06 31 00 00 1F C6 FE	
01 03 32 00 00 02 CA B3 读取状态字, C037 表示原点找到				
位置控制模式 (控制字绝对定位先 2F 后 3F 相对定位先 4F 后 5F, 103F 立即更新)				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60400010	控制字	F	01 06 31 00 00 0F C7 32	
60600008	工作模式	1	01 06 35 00 00 01 47 C6	
607A0020	目标位置	50000inc	01 10 40 00 00 02 04 C3 50 00 00 FE 39	
60810020	梯形速度	200RPM	01 10 4A 00 00 02 04 55 55 00 08 BC D6	

60830020	梯形加速度	100.00rps/s	使用默认值	
60840020	梯形减速度	100.00rps/s	使用默认值	
60400010	控制字	2F	01 06 31 00 00 2F C6 EA	
		3F(绝对定位)	01 06 31 00 00 3F C7 26	
		4F	01 06 31 00 00 4F C6 C2	
		5F(相对定位)	01 06 31 00 00 5F C7 0E	
01 03 32 00 00 02 CA B3 读取状态字, D437 表示位置到				
速度控制模式				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60600008	工作模式	3	01 06 35 00 00 03 C6 07	
60FF0020	目标速度	150RPM	01 10 6F 00 00 02 04 55 55 00 08 1A 47	
60400010	控制字	F	01 06 31 00 00 0F C7 32	
60830020	梯形加速度	100.00rps/s	使用默认值	
60840020	梯形减速度	100.00rps/s	使用默认值	

**注意**

通讯模式下数据以十六进制格式传输。

第 11 章 CANopen 通讯

11.1 CANopen 通讯协议介绍

开放的现场总线标准中 CANopen 是最著名和成功的一种，已经在欧洲和美国获得广泛的认可和大量应用。1992 年在德国成立了“自动化 CAN 用户和制造商协会” (CiA, CANinAutomation)，开始着手制定自动化 CAN 的应用层协议 CANopen。此后，协会成员开发出一系列 CANopen 产品，在机械制造、制药、食品加工等领域获得大量应用。

MD 伺服是标准的 CAN 从站设备，严格遵循 CANopen2.0A/B 协议，任何支持该协议的上位机均可以与其进行通讯。伺服内部使用了一种严格定义的对象列表，我们把它称作对象词典，这种对象词典的设计方式基于 CANopen 国际标准，所有的对象有明确的功能定义。这里说的对象 (Objects) 类似我们常说的内存地址，有些对象如速度和位置等可以由外部控制器修改，有些对象却只能由驱动器本身修改，如状态、错误信息。这些对象都为十六进制数，如工作模式的 CANopen 地址为 0x60400010，举例如表 1-1 所示。

表 11-1 对象词典举例列表

完整的 CANopen 地址组成			属性	含义
Index	Subindex	Bits(数据长度)		
0x6040	00	0x10	RW	设备状态控制字
0x6060	00	0x08	RW	工作模式
0x607A	00	0x20	W	目标位置
0x6041	00	0x10	MW	设备状态字

对象的属性有下面几种：

1. RW(读写)：对象可以被读也可以被写入；
2. RO(只读)：对象只能被读；
3. WO (只写)：只能写入；
4. M (可映射)：对象可映射，类似间接寻址；
5. S (可存储)：对象可存储在 Flash - ROM 区，掉电不丢失。

11.2 硬件说明

CAN 通讯协议主要描述设备之间的信息传递方式，CAN 层的定义与开放系统互连模型 OSI 一致，每一层与另一设备上相同的那一层通讯，实际的通讯发生在每一设备上相邻的两层而设备只通过模型物理层的物

理介质互连，CAN 的规范定义了模型的最下面两层数据链路层和物理层。CAN 总线物理层没有严格规定，能够使用多种物理介质例如双绞线光纤等，最常用的就是双绞线信号，使用差分电压传送（常用总线收发器），两条信号线被称为 CAN_H 和 CAN_L，静态时均是 2.5V 左右，此时状态表示为逻辑 1，也可以叫做隐位，用 CAN_H 比 CAN_L 高表示逻辑 0，称为显位，此时通常电压值为 CAN_H=3.5V 和 CAN_L=1.5V，竞争时显位优先。

表 11-2 管脚名称及功能描述表

管脚	符号	描述
1	CAN_H	CAN_H bus (high dominant)
2	CAN_L	CAN_L bus 线(low dominant)
3	CAN_GND	CAN 地
4	GND	可选地



注意

- 1、所有从站的 CAN_L、CAN_H 脚直接相接即可，采用串连的方式接线，不能采用星型连接方式；
- 2、主站端和最后一个从站端需要接 120 欧姆的终端电阻，驱动器内置，可通过拨码开关 SW8 或 SW9 启用；
- 3、不需要外部 24V 电源供电的；
- 4、通讯电缆请采用屏蔽双绞线，并做好接地处理（短距离通讯时 3 脚地线可以不接，但是长距离、高波特率通讯时建议把 3 脚接地）；
- 5、各种波特率所理论上能够通讯的最长距离如表 1-3 所示。

表 11-3 各波特率理论上能够通讯的最长距离表

通讯速度 (bit/s)	通讯距离 (M)
1M	25
500K	100
250K	250
125K	500
50K	600

11.3 软件说明

11.3.1 EDS 说明

EDS（电子数据表格）文件是 PLC 所连接从站的标识文件或者类似码，通过该文件来辨认从站所属的类

型 (是 401、402、403 中的何种类似, 或者属于 402 中的哪一种设备)。该文件包含包含了从站的所有信息, 比如生产厂家、序列号、软件版本、支持波特率种类、可以映射的 OD 及各个 OD 的属性等等参数, 类似于 Profibus 的 GSD 文件。因此在进行硬件配置前, 我们首先需要把从站的 EDS 文件导入到上位组态软件中。

11.3.2 SDO 说明

SDO 主要用来在设备之间传输低优先级的对象, 典型是用来对从设备进行配置、管理, 比如用来修改电流环、速度环、位置环的 PID 参数, PDO 配置参数等, 这种数据传输跟 MODBUS 的方式一样, 即主站发出后, 需要从站返回数据响应。这种通讯方式只适合对参数的设置, 不适合于对实时性要求较高的数据传输。

SDO 的通讯方式分为上传和下载, 上位机可以根据专用的 SDO 读写指令来读写伺服内部的 OD 即可。在 CANopen 协议中, 对对象字典的内容进行修改可以通过 SDO (Service Data Object) 来完成, 下面介绍 SDO 命令的结构和遵循的准则。

SDO 的基本结构如下: Client→Server/Server→Client

Identifier	DLC	Data							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0x600+Node_ID	8	发送命令字	对象索引		对象子索引				

读取参数时接收 SDO 报文

Identifier	DLC	Data							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0x580+Node_ID	8	接收命令字	对象索引		对象子索引		最大 4 字节数据		



注意

- SDO 报文发送时命令字均为 0x40;
- 如果接收数据为 1 个字节, 则接收命令字为 0x4F;
- 如果接收数据为 2 个字节, 则接收命令字为 0x4B;
- 如果接收数据为 4 个字节, 则接收命令字为 0x43;
- 如果接收数据存在错误, 则接收命令字为 0x80。

修改参数时发送 SDO 报文

Identifier	DLC	Data							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0x600+Node_ID	8	发送命令字	对象索引		对象子索引		最大 4 字节数据		

修改参数时接收 SDO 报文

Identifier	DLC	Data							
		0	1	2	3	4	5	6	7
0x580+Node_ID	8	接收命令字	对象索引		对象子索引		最大 4 字节数据		

**注意**

如果待发数据为 1 个字节，则发送命令字为 0x2F；
 如果待发数据为 2 个字节，则发送命令字为 0x2B；
 如果待发数据为 4 个字节，则发送命令字为 0x23；
 SDO 报文发送成功，接收命令字为 0x60；
 SDO 报文发送失败，接收命令字为 0x80。

11.3.3 PDO 说明

PDO 一次性可传送 8 个字节的数据，没有其它协议预设（意味着数据内容已预先定义），主要用来传输需要高频率交换的数据。PDO 的传输方式打破了现有的数据问答式传输理念，采用全新的数据交换模式，设备双方在传输前先在各个设备定义好数据接收和发送区域，在数据交换时直接发送相关的数据到对方的数据接收区即可，减少了问答式的询问时间，从而极大的提高了总线通讯的效率，从而得到了极高的总线利用率。

11.3.3.1 PDO COB-ID 说明

COB-ID 是 CANopen 通讯协议的特有方式，它的全称是 Communication Object Identifier-通讯对象-ID，这些 COB-ID 为 PDO 定义了相应的传输级别，有了这些传输级别后，控制器和伺服就能够在各自的软件里配置里定义相同的传输级别和其里面的传输内容，这样控制器和伺服都采用的同一个传输级别和传输内容后，数据的传输即透明化了，也就是双方都知道所要传输的数据内容了，也就不需要在传输数据时还需要对方回复数据是否传输成功。

缺省 ID 分配表是基于 CANopen 2.0A 定义的 11 位 CAN-ID (CANopen 2.0B 协议 COB-ID 是 29 位)，包含一个 4 位的功能码部分和一个 7 位的节点 ID(Node-ID)部分，如图 8-13 所示。

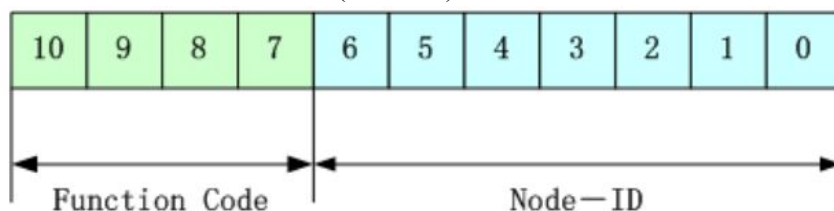


图 11-2 缺省 ID 说明图

**注意**

Node-ID —— 即伺服的站号，Node-ID 范围是 1~127；
 Function Code —— 数据传输的功能码，定义各种 PDO、SDO、管理报文的传输级别，功能码越小，优先级越高。

表 11-4 CANopen 预定义主/从连接集 CAN 标识符分配表

对象	COB-ID
NMT Module Control	000H

SYNC	080H
TIME SSTAMP	100H
对象	COB-ID
紧急	081H-0FFH
PDO1 (发送)	181H-1FFH
PDO1 (接收)	201H-27FH
PDO2 (发送)	281H-2FFH
PDO2 (接收)	301H-37FH
PDO3 (发送)	381H-3FFH
PDO3 (接收)	401H-47FH
PDO4 (发送)	481H-4FFH
PDO4 (接收)	501H-57FH
SDO (发送/服务器)	581H-5FFH
SDO (接收/客户)	601H-67FH
NMT Error Control	701H-77FH

**注意**

- 1、COB-ID 越小，优先级越高；
- 2、每一个级别的 COB-ID 前面的功能码是固定格式；
- 3、COB-ID 为 00H、80H、100H、701H-77FH、081H-0FFH 均为系统管理格式。

11.3.3.2 COB-ID

发送 PDO 相对于伺服来说就是指伺服发送出去的数据，这些数据由 PLC 来接收。发送 PDO 的功能码 (COB-ID) 为：

- 1、0x180+伺服站号
- 2、0x280+伺服站号
- 3、0x380+伺服站号
- 4、0x480+伺服站号

接收 PDO 相对于伺服来说就是指伺服接收的数据，这些数据由 PLC 来发送，发送 PDO 的功能码 (COB-ID) 为：

- 1、0x200+伺服站号
- 2、0x300+伺服站号
- 3、0x400+伺服站号

4、0x500+伺服站号

**注意**

由于 MD 系列伺服产品是按标准的 CANopen 2.0A 协议来设计的，但同时也支持 CANopen 2.0B 协议，也就是说，如果上面的 8 个 PDO 不够用的情况下，您还可以定义新的 PDO，比如用 0x43FH 来作为 1 号站的通讯 PDO，只要控制器和伺服都按照这个来定义即可。

1.3.3.3 PDO 传输类型

PDO 有两种传输方式：

同步 (SYNC) ——由同步报文触发传输 (传输类型：0-240)

在该传输模式下，控制器必须具有发送同步报文的能力 (频率最高为 1KHZ 的周期发送的报文)，伺服在接收到该同步报文后在发送。

非周期——由远程帧预触发传送，或者由设备子协议中规定的对象特定事件预触发传送。该方式下伺服每接收到一个同步报文 PDO 里的数据即发送一次。

周期——传送在每 1 到 240 个 SYNC 消息后触发。该方式下伺服每接收到 n 个同步报文后，PDO 里的数据发送一次。

异步(传输类型：254/255)

从站报文数据改变后即发送，不管主站是否询问，而且可以定义同一个报文两次发送之间的时间间隔，避免高优先级报文一直占据总线 (PDO 的数值越低优先级越高)。

对于集成伺服来说，它支持所有 256 种传输方式，用户只需要根据控制器所支持的传输方式来选择驱动器的传输方式即可。

**注意**

一个 PDO 可以指定一个禁止时间，即定义两个连续 PDO 传输的最小间隔时间，避免由于高优先级信息的数据量太大，始终占据总线，而使其它优先级较低的数据无力竞争总线的问题。禁止时间由 16 位无符号整数定义，单位 1ms。

11.3.3.3 保护方式/监督类型说明

监督类型是指在运行过程中主站选择何种检查方式检查从站，通过这两种方式来判断从站是否出现故障，并根据这些故障做出相应的处理！

1、心跳报文

从站按照“心跳报文产生时间”周期性的发送报文到主站，如果超过一定时间 (在主站中设置) 后主站还没有收到从站的下一个心跳报文，那么主站判断从站出错！

报文格式—— (0x700+节点号) +状态

状态——0：启动，4：停止，5：运行，127：预操作

2、节点保护

主站以“监督时间”周期性的发送报文到从站，如果超过“监督时间*寿命因子”时间后，从站还没有

收到主站发送的节点报文，那么从站报警！

主站请求报文格式—— (0x700+节点号) (该报文无数据)

从站响应报文格式—— (0x700+节点号) +状态:

状态——数据部分包括一个触发位 (bit7)，触发位必须在每次节点保护应答中交替置“0”或者“1”。触发位在第一次节点保护请求时置为“0”。位 0 到 6 (bit0~6) 表示节点状态; 0: 初始化, 1: 未连接, 2: 连接, 3: 操作, 4: 停止, 5: 运行, 127: 预操作。

标准的 CAN 从站一般都只支持一种节点保护方式，MD 系列伺服两种保护方式都支持。

11.3.3.4 启动过程说明

在网络初始化过程中，CANopen 支持扩展的 boot-up，也支持最小化 boot-up 过程。可以用节点状态转换图表示这种初始化过程，如图 8-14 所示。

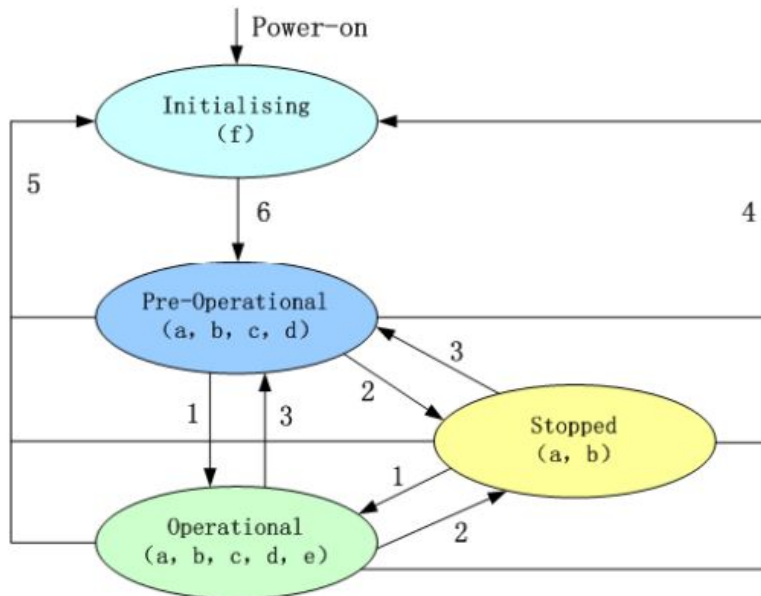


图 11-3 节点状态转换图

表 11-5 CANopen 网络状态

代码	含义
a	NMT
b	Node Guard
c	SDO
d	Emergency
e	PDO
F	Boot-up

表 11-6 CANopen 网络状态转移

代码	含义
1	启动远程节点(Start_Remote_node)

2	停止远程节点(Stop_Remote_Node)
3	进入预操作状态(Enter_Pre-Operational_State)
4	复位节点(Reset_Node)
5	复位通讯(Reset_Communication)
6	设备初始化结束, 自动进入“预操作”状态, 发送 Boot-up 消息

管理报文格式

COB-ID	DLC	Byte0	Byte1
0x000	02	CS	站号

当 Node-ID=0 时, 所有的 NMT 从设备被寻址。CS 是命令字, 其取值如表 1-11 所示。

表 11-6 CS 取值表

命令字	NMT 服务
0x01	开启节点, 开始 PDO 传输
0x02	关闭节点, 关闭 PDO 传输
0x80	进入预操作状态
0x81	复位节点
0x82	复位通信

可以通过 NMT 管理报文来实现在各种模式之间切换, 只有 NMT-Master 节点能够传送 NMT Module Control 报文, 所有从设备都必须支持 NMT 模块控制服务, 同时 NMT Module Control 消息不需要应答。NMT 消息格式如下: NMT-Master→NMT Slave(s)

**注意:**

只有处于操作状态 0x5, PDO 才能传输。如果要让一个处于操作状态的 6 号站开启节点, 那么控制器发送如下的报文即可:

COB-ID	DLC	Byte0	Byte1
0x000	02	01	06

11.4 CANopen 通讯实例

11.4.1 连接上位机软件

配置 CANopen 通讯参数需使用 KincoServo+软件, 此软件需要安装。

安装包下载地址: <https://www.kinco.cn/download/software/servo>

按照提示安装软件完成后，打开软件界面如图 11-4 所示。



图 11-4

点击菜单栏“通信”->“通信设置”，进入通信设置界面，设置 COM 口，驱动器 ID。波特率默认值为 38400，驱动器 ID 默认值为 1，若不知道驱动器 ID 可以设置为广播地址 127，设置完成后点击“打开”按钮。



图 11-5 通信设置窗口



注意

- 由于遵循 IO 口控制优先于通讯控制的逻辑，所以在采用 CANopen 通讯时需要把 IO 口功能取消。如果存在驱动器使能，工作模式切换功能，那么通讯将无法控制伺服控制字、工作模式等对象。
- 通过驱动器本体上的拨码开关设置驱动器 ID，设置方式见伺服上的丝印说明。

11.4.2 设置 CANopen 相关参数



注意

- 关于 CANopen 相关参数，请通过软件中的**驱动器 D**→**ECAN 配置**→**其他**打开设置

具有网络管理功能的主站上电会通过发送 SDO 的方式来初始化从站的参数，一般情况下同步 ID、节点保护时间、节点保护时间系数、节点保护站号、紧急报文站号、心跳报文产生时间等参数不需要用户自己设

定。



图 11-6 KincoServo+中 CANopen 参数设置窗口

表 11-7 CANopen 相关参数

CANopen 地址	参数名称	含义	默认值
10050020	同步 ID	传输类型为 1-240 同步模式时有用，异步模式时不需要设置。	80
100C0010	节点保护时间	通过节点保护主站可以监视每个节点当前的状态，主站以节点保护时间为周期发送 远程帧 （默认 COBID 为 0x700+站号，不含内容的报文）询问从节点状态，从节点需要在一定时间范围内做出回应，否则主节点认为从节点掉线，驱动器进入报警状态。	1000
100D0008	节点保护时间系数		3
100E0020	节点保护 ID	700+驱动器 ID	
10140020	紧急报文站号	80+驱动器站号	
10170010	心跳报文产生时间	从节点周期发送报文给主节点，主节点超过一定的时间未收到该报文就认为从节点掉线	0
2F810008	CAN 波特率	CAN 波特率设置 100: 1M 50: 500k 25: 250k 12: 125k 5: 50k 1: 10k	50
30110108	ECAN 同步周期	插补模式下根据主站同步报文周期设置，异步模式不需要设置。	2

CANopen 地址	参数名称	含义	默认值
		0:1ms 1:2ms 2:4ms 4:8ms	
30110208	ECAN 同步 时钟模式	插补模式时设成 1 开启同步时钟, 非插补模式时设成 0 关闭同步时钟	0
30110410	ECAN 同步 丢失计数	同步模式下监控通讯状态, 数值不发送变化说明通讯状况良好, 若数值不断变化说明有干扰或同步周期设置不正确。	
60070010	通讯中断模式	CAN 通讯中断模式, 决定驱动器在超过节点保护时间*节点保护系数的时间后仍然没有收到节点保护报文的动作逻辑 0: 不处理 1: 报错	0

通过 PLC 初始化配置 PDO 参数

对于可以导入 EDS 文件的 CANopen 主站来说不需要在伺服内部进行 PDO 设置, 可直接在主站配置 PDO 信息, 上电后 PLC 初始化会发送 SDO 报文来配置伺服的 PDO, 配置完成后主站会发送启动报文启动从站, 然后就可以进行 PDO 通讯了, 多数 PLC 都可以采用这种方式, 例如: 施耐德 PLC, 西门子 S7-1200+CM CANOPEN 模块, 步科 F1 等。



EDS 文件下载地址:

<https://www.kinco.cn/download/software/servo>

通过 KincoServo 配置 PDO 参数

也有部分 PLC 需要在伺服中手动配置好 PDO 参数, 举例如下:

表 11-8 常用控制对象

名称	CANopen 地址	长度	属性	含义
控制字	0x60400010	2 字节	RW	控制字
工作模式	0x60600008	1 字节	RW	工作模式
目标位置	0x607A0020	4 字节	W	目标位置
目标速度	0x60FF0020	4 字节	W	速度模式速度
梯形速度	0x60810020	4 字节	W	位置模式速度
状态字	0x60410010	2 字节	R	设备状态字
实际位置	0x60630020	4 字节	R	实际位置

伺服的 TPDO 如下所示: (伺服发送给 PLC)

TPDO1: 实际位置+ 状态字;

伺服的 RPDO 如下所示: (PLC 发送给伺服)

RPDO1:目标位置+工作模式 +控制字;

RPDO2: 目标速度+梯形速度 ;



注意:

每个 PDO 里面所配对象长度之和不能超过 8 个字节。

在使用 PDO 功能传输数据前, 务必发送 NMT 管理报文报文开启节点。以开启 2 号从站为例

COBID	DLC	Message
000	02	01 02

11.4.3 各种 PDO 传输模式配置

异步传输模式

在异步传输模式下, PDO 里映射的对象数据一旦发生变化就会传输。



图 11-7 异步传输模式下 TPDO 配置

表 11-9 异步传输模式下 TPDO 配置

名称	含义
TPDO1 映射组	代表该 PDO 中所配对象个数, TPDO1 中配了实际位置、状态字 2 个对象
映射 1-8	配置伺服 CANopen 控制对象
TPDO1 站号	180+驱动器 ID (TPDO2 站号应设置为: 280+驱动器 ID)
TPDO1 传输类型	254 或 255, 异步传输模式
TPDO1 禁止时间	单位为 ms, 防止伺服发送报文过于频繁堵塞网络, 多轴异步传输模式下根据实际需要设置



注意

TPDO1 中所配对象实际位置、状态字长度之和为 4+2=6 个字节。

RPDO 传输模式默认为 254，不需要设置，接受数据后立即生效。

事件时间定时上报功能

在异步传输模式中，除了逢变即发，如果需要驱动器向控制器周期性上传数据，可以设置事件时间。事件时间优先级高于禁止时间。

NUM	Index	Type	Name	Value	Unit
0	1A0000	uint8	TPDO1映射组	2	DEC
1	1A0001	uint32	TPDO1映射1	60630020	HEX
2	1A0002	uint32	TPDO1映射2	60410010	HEX
3	1A0003	uint32	TPDO1映射3	00000000	HEX
4	1A0004	uint32	TPDO1映射4	00000000	HEX
5	1A0005	uint32	TPDO1映射5	00000000	HEX
6	1A0006	uint32	TPDO1映射6	00000000	HEX
7	1A0007	uint32	TPDO1映射7	00000000	HEX
8	1A0008	uint32	TPDO1映射8	00000000	HEX
9	180001	uint32	TPDO1站号	00000181	HEX
10	180002	uint8	TPDO1传输类型	254	DEC
11	180003	uint16	TPDO1禁止时间	0	DEC
12	180005	uint16	TPDO1事件时间	50	DEC

图 11-8 异步模式下使用事件时间定时上传

表 11-10 异步模式下使用事件时间定时上传

名称	含义
TPDO1 映射组	代表该 PDO 中所配对象的个数，TPDO1 中配了实际位置，状态字 2 个对象
映射 1-8	配置伺服 CANopen 控制对象
TPDO1 站号	180+驱动器 ID (TPDO2 站号应设置为: 280+驱动器 ID)
TPDO1 传输类型	254 或 255，异步传输模式
TPDO1 禁止时间	使用时间定时上传时，该对象设置为 0
TPDO1 事件时间	驱动器向控制器发送 PDO 的周期时间，单位 ms，事件时间优先级高于禁止时间

注：TPDO1 中所配对象实际位置、状态字长度之和为 4+2=6 个字节

同步传输模式

当 CANopen 通讯配置为同步传输模式时，驱动器在收到同步报文后，才会上传 TPDO 里映射的数据。

NUM	Index	Type	Name	Value	Unit
0	1A0000	uint8	TPDO1映射组	2	DEC
1	1A0001	uint32	TPDO1映射1	60630020	HEX
2	1A0002	uint32	TPDO1映射2	60410010	HEX
3	1A0003	uint32	TPDO1映射3	00000000	HEX
4	1A0004	uint32	TPDO1映射4	00000000	HEX
5	1A0005	uint32	TPDO1映射5	00000000	HEX
6	1A0006	uint32	TPDO1映射6	00000000	HEX
7	1A0007	uint32	TPDO1映射7	00000000	HEX
8	1A0008	uint32	TPDO1映射8	00000000	HEX
9	180001	uint32	TPDO1站号	00000181	HEX
10	180002	uint8	TPDO1传输类型	1	DEC
11	180003	uint16	TPDO1禁止时间	0	DEC

图 11-9 同步模式下 TPDO 配置

表 11-11 同步模式下 TPDO 配置

名称	含义
TPDO1 映射组	2, 本 PDO 中所配对象的个数, TPDO1 中配了实际位置、状态字 2 个对象
映射 1-8	配置伺服 CANopen 控制对象
TPDO1 站号	180+驱动器 ID (TPDO2 站号应设置为: 280+驱动器 ID)
TPDO1 传输类型	同步传输模式, 驱动器收到同步报文后向控制器发送 TPDO
TPDO1 禁止时间	一定设置为 0

注: TPDO1 中所配对象实际位置、状态字长度之和为 4+2=6 个字节



注意

TPDO1 中所配对象实际位置、状态字长度之和为 4+2=6 个字节。
 RPDO 传输模式默认为 254, 不需要设置, 接受数据后立即生效。
 默认的同步报文为:

COB-ID	DLC
0x80	0

基于 CANopen 的插补模式

基于 CANopen 的插补模式需要把工作模式 (0x60600008) 设置为 7

表 11-12 插补工作模式为 7

名称	CANopen 地址	长度	属性	设置值
工作模式	60600008	1 字节	RW	7

NUM	Index	Type	Name	Value	Unit
0*	101801	uint32	设备厂商代码	00000300	HEX
1	301107	uint8	ECAN同步数据	00	HEX
2	100500	uint32	同步ID	00000080	HEX
3	100C00	uint16	节点保护时间	1000	DEC
4	100D00	uint8	节点保护时间系数	3	DEC
5	100E00	uint32	节点保护ID	00000701	HEX
6	101400	uint32	紧急报文站号	00000081	HEX
7	101700	uint16	心跳报文产生时间	0	DEC
8	2F8100	uint8	CAN波特率	50	DEC
9	301101	uint8	ECAN同步周期	1	DEC
10	301102	uint8	ECAN时钟同步模式	1	DEC
11	301103	uint8	ECAN同步点偏移	0	DEC
12	301104	int16	ECAN同步丢失计数	0	DEC
13	600700	int16	通讯中断模式	0	DEC

图 11-10 插补模式相关参数设置

表 11-13 插补模式相关参数设置

CANopen 地址	参数名称	含义	默认值
30110108	ECAN 同步周期	插补模式下根据主站同步报文周期设置，异步模式不需要设置。 0: 1ms 1: 2ms 2: 4ms 4: 8ms	2
30110208	ECAN 同步时钟模式	插补模式时设成 1 开启同步时钟，异步模式时设成 0 关闭同步时钟	0

CAN 通讯中断报警功能

关于通讯中断报警功能，需要设置以下参数

表 11-14 通讯中断报警功能设置

CANopen 地址	参数名称	含义	默认值
100C0010	节点保护时间	通过节点保护主站可以监视每个节点当前的状态，主站以节点保护时间为周期发送 远程帧 （默认 COBID 为 0x700+站号，不含内容的报文）询问从节点状态，从节点需要在一定时间范围内做出回应，否则主节点认为从节点掉线，驱动器进入报警状态。	1000
100D0008	节点保护时间系数		3
100E0020	节点保护 ID	700+驱动器 ID	

10140020	紧急报文站号	80+驱动器 ID	
60070010	通讯中断模式	CAN 通讯中断模式, 决定驱动器在超过节点保护时间*节点保护系数的时间后仍然没有收到节点保护报文的动作逻辑 0: 不处理 1: 报错	0

11.4.4 CANopen 发送报文实例

节点保护报文和心跳报文

CANopen 节点会以一个固定的频率发送心跳报文。用于告诉控制器通讯连接正常, 报文的格式很简单, COB-ID 为 0x700+Node_ID, 数据为一字节的状态数据:

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	16:50:14:031	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
1	16:50:15:093	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
2	16:50:16:171	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
3	16:50:17:234	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
4	16:50:18:296	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
5	16:50:19:375	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
6	16:50:20:437	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
7	16:50:21:500	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
8	16:50:22:578	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
9	16:50:23:640	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
10	16:50:24:718	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
11	16:50:25:781	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
12	16:50:26:859	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
13	16:50:27:921	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
14	16:50:29:000	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
15	16:50:30:062	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F

图 11-11 节点报文和心跳报文

图中, ID 为 706, 表示 06 号节点的心跳, 状态是 0x7F, 表示 Pre-Operational 状态 (节点初始化完成后, 进入 Pre-Operational 状态)。查看时间, 每个心跳报文时间间隔大概 1 秒。

NMT 管理报文

NMT 是管理报文, 用于实现一些管理操作, 比如, 节点重启、进入 Operational 状态等等。NMT 报文格式很简单, ID 为 000, 数据为一字节命令+一字节节点号 (0 表示广播)。

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	16:51:35:296	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
1	16:51:36:375	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
2	16:51:36:796	0	发送	0000	数据帧	标准帧	2	01 06
3	16:51:37:437	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
4	16:51:38:500	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
5	16:51:39:562	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
6	16:51:40:625	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
7	16:51:41:687	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05

图 11-12 开启节点

第 2 号报文就是让 06 号节点, 进入 Operational 状态, 运行完成后, 节点心跳报文中的节点状态也变为 Operational 状态, 处于这个状态下 PDO 才会开始传输。

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	16:52:47:843	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
1	16:52:48:906	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
2	16:52:49:968	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
3	16:52:51:031	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
4	16:52:51:578	0	发送	0000	数据帧	标准帧	2	02 06
5	16:52:52:109	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
6	16:52:53:156	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04
7	16:52:54:218	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04
8	16:52:55:281	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04

图 11-13 关闭节点

发送 stop remote node 命令，进入 Stopped 状态，当然，心跳还是有的，只是节点不干活了

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	16:53:58:890	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04
1	16:53:59:953	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04
2	16:54:00:375	0	发送	0000	数据帧	标准帧	2	81 06
3	16:54:01:015	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	04
4	16:54:01:093	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	00
5	16:54:02:156	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F
6	16:54:03:218	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	7F

图 11-14 复位节点

这个是 reset node 命令，用于让节点复位。复位之后，会首先进入 Initializing 状态（对于心跳报文中的 0x00），初始化完成后，进入 Pre-Operational 状态（对应心跳报文中的 0x7F）。

发送和接收 SDO

SDO 主要用来访问节点的对象字典（OD），CANopen 的节点至少需要支持 SDO_Server。对象字典是 CANopen 节点的数据组织形式，包含了 CANopen 节点的各个参数和数据，比如，心跳报文的发送频率、系统启动次数、节点的通信参数等等等等。可以说，SDO 是用来设置 CANopen 节点的各个运行参数的。

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	16:55:24:421	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
1	16:55:25:281	0	发送	0606	数据帧	标准帧	8	40 17 10 00 00 00 00 00
2	16:55:25:500	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
3	16:55:25:500	0	接收	0586	数据帧	标准帧	8	4B 17 10 00 E8 03 00 00
4	16:55:26:562	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05

图 11-15 发送 SDO 报文读取数据

图 11-17，1 号报文 0606: 40 17 10 00 00 00 00 00 就是一个 SDO_Read 报文，告诉节点，要读取的 OD 索引和子索引，包括数据长度。然后节点会发送对应的数据（后面的那个 8 字节报文）。第一个字节是命令字，第 2 和第三个字节是 OD 的主地址，第四个字节是 OD 的子地址，最后 4 个字节是数据。上图中，主机发送的是一个读取 OD 中 1017:00 位置的数据命令，这个位置存放的是心跳频率，读取的结果是 0x03EB(1000ms)。

序号	时间	CAN通道	传输方向	ID号	帧类型	帧格式	数据长度	数据
0	17:09:35:828	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
1	17:09:36:921	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
2	17:09:38:015	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
3	17:09:39:109	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
4	17:09:40:187	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
5	17:09:41:281	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
6	17:09:42:375	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
7	17:09:43:453	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
8	17:09:44:546	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
9	17:09:45:437	0	发送	0606	数据帧	标准帧	8	2B 17 10 00 FF 01 00 00
10	17:09:45:640	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
11	17:09:45:640	0	接收	0586	数据帧	标准帧	8	60 17 10 00 00 00 00 00
12	17:09:46:187	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
13	17:09:46:734	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
14	17:09:47:265	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
15	17:09:47:812	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
16	17:09:48:359	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
17	17:09:48:906	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
18	17:09:49:453	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05
19	17:09:50:000	0	接收	0706	数据帧	标准帧	1	05

图 11-16 发送 SDO 报文修改数据

9 号报文就是 SDO_Write, 写 OD 中 1017:00 位置的数据, 也就是修改心跳频率。收到完成应答后, 心跳频率就变了。

各种模式发送和接收数据报文, 全部以站号为 1 举例。

原点控制模式 (控制字先 F 后 1F)				
内部地址	变量名称	设置值	发送及回复报文 (ID=1)	备注
60400010	控制字	F	<u>601 2B 40 60 00 0F 00</u> <u>581 60 40 60 00 0F 00</u>	
60600008	工作模式	6	<u>601 2F 60 60 00 06 00</u> <u>581 60 60 60 00 06 00</u>	
60980008	原点模式	33	<u>601 2F 98 60 00 21 00</u> <u>581 60 98 60 00 21 00</u>	
60990120	原点转折信号速度	200RPM	<u>601 23 99 60 01 55 55 08 00</u> <u>581 60 99 60 01 55 55 08 00</u>	
60990220	原点信号速度	150RPM	<u>601 23 99 60 02 00 40 06 00</u> <u>581 60 99 60 02 00 40 06 00</u>	
60400010	控制字	1F	<u>601 2B 40 60 00 1F 00</u> <u>581 60 40 60 00 1F 00</u>	
<u>601 40 41 60 00 00 00 00 00</u> 读取状态字, C037 表示原点找到				

位置控制模式 (控制字绝对定位先 2F 后 3F 相对定位先 4F 后 5F, 103F 立即更新)				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60400010	控制字	F	<u>601 2B 40 60 00 0F 00</u> <u>581 60 40 60 00 0F 00</u>	
60600008	工作模式	1	<u>601 2F 60 60 00 01 00</u> <u>581 60 60 60 00 01 00</u>	
607A0020	目标位置	50000inc	<u>601 23 7A 60 00 50 C3 00 00</u> <u>581 60 7A 60 00 50 C3 00 00</u>	
60810020	梯形速度	200RPM	<u>601 23 81 60 00 55 55 08 00</u> <u>581 60 81 60 00 55 55 08 00</u>	
60830020	梯形加速度	610.352rps/s	使用默认值	
60840020	梯形减速度	610.352rps/s	使用默认值	
60400010	控制字	2F	<u>601 2B 40 60 00 2F 00</u> <u>581 60 40 60 00 2F 00</u>	
		3F(绝对定位)	<u>601 2B 40 60 00 3F 00</u> <u>581 60 40 60 00 3F 00</u>	
		4F	<u>601 2B 40 60 00 4F 00</u> <u>581 60 40 60 00 4F 00</u>	
		5F(相对定位)	<u>601 2B 40 60 00 5F 00</u> <u>581 60 40 60 00 5F 00</u>	
<u>601 40 41 60 00 00 00 00 00</u> 读取状态字, D437 表示位置到				

速度控制模式				
内部地址	变量名称	设置值	报文 (ID=1)	备注
60600008	工作模式	3	<u>601 2F 60 60 00 03 00</u> <u>581 60 60 60 00 03 00</u>	
60FF0020	目标速度	150RPM	<u>601 23 FF 60 00 00 40 06 00</u> <u>581 60 FF 60 00 00 40 06 00</u>	
60400010	控制字	F	<u>601 2B 40 60 00 0F 00</u> <u>581 60 40 60 00 0F 00</u>	
60830020	梯形加速度	默认 610.352rps/s	使用默认值	
60840020	梯形减速度	默认 610.352rps/s	使用默认值	

注意：通讯模式下数据以十六进制格式传输发送和接收 PDO

发送和接收 SDO

PDO 是用来发送 (TPDO) 或者接收 (RPDO) 数据的，有几种不同的触发方式，比如：异步传输、同步传输等等。PDO 的数据内容是通过映射的方式在定义在 OD 中的，一个节点可以有多个 PDO 通道。PDO 的通信参数也可以通过 SDO 访问 OD 的方式来修改。

NUM	Index	Type	Name	Value	Unit
0	1A0000	uint8	TPDO1映射组	3	DEC
1	1A0001	uint32	TPDO1映射1	60630020	HEX
2	1A0002	uint32	TPDO1映射2	60780010	HEX
3	1A0003	uint32	TPDO1映射3	60610008	HEX
4	1A0004	uint32	TPDO1映射4	00000000	HEX
5	1A0005	uint32	TPDO1映射5	00000000	HEX
6	1A0006	uint32	TPDO1映射6	00000000	HEX
7	1A0007	uint32	TPDO1映射7	00000000	HEX
8	1A0008	uint32	TPDO1映射8	00000000	HEX
9	180001	uint32	TPDO1站号	00000181	DEC
10	180002	uint8	TPDO1传输类型	254	DEC
11	180003	uint16	TPDO1禁止时间	20	DEC

图 11-17 TPDO1 映射组里的内容

TPDO1 里映射了 3 个对象，依次是实际位置，实际电流，有效工作模式。

那么从下图的截取的 PDO 报文里可以看出驱动器实际位置为 0x5B944270。

```

835)      6560.6  Rx          0186  7  70 42 E8 FA 00 00 00
836)      6560.7  Rx          0181  7  70 42 94 5B 00 00 00
837)      6560.8  Rx          0182  7  70 42 23 C8 00 00 00
838)      6560.9  Rx          0183  7  70 42 25 11 00 00 00
839)      6561.0  Rx          0184  7  70 42 D5 E7 00 00 00
840)      6561.1  Rx          0185  7  70 42 3A 41 00 00 00
841)      6561.2  Rx          0287  8  20 9C FF FF 00 00 00 00
842)      6561.4  Rx          0187  7  70 C2 20 9C FF FF 00
843)      6562.4  Rx          0201  6  00 00 94 5B 00 00
844)      6562.5  Rx          0202  6  00 00 23 C8 00 00
845)      6562.6  Rx          0203  6  00 00 25 11 00 00
846)      6562.7  Rx          0204  6  00 00 D5 E7 00 00
847)      6562.8  Rx          0205  6  00 00 3A 41 00 00
848)      6562.9  Rx          0206  6  00 00 E8 FA 00 00
849)      6563.0  Rx          0207  6  00 00 20 9C FF FF
    
```

图 11-18 截取的 PDO 报文内容

附录一 常用公式

小车行走电机的选型方式，适用于电机+减速机+轮子的机构

公式: $T \cdot n = \mu \cdot m \cdot g \cdot d / 2$	
轮子的直径 d	m
减速机的减速比 n	1: n
电机的扭矩 T	Nm, kgm^2/s^2
整车载重能力 m	kg
摩擦系数 μ	无单位
重力加速度 g	m/s^2

脉冲模式下，脉冲数与机械位移之间的关系

公式: $N \cdot A / B = s \cdot n \cdot r / P$	
齿轮比分子 A	无单位
齿轮比分母 B	无单位
丝杆螺距 P	mm
电机单圈脉冲数 r	无单位
减速比 1: n	无单位
机械位移 s	mm
脉冲数 N	无单位

转速和线速度的关系

公式: $n = v \div r \div \pi$	
转速 n	rpm
线速度 v	mm/s
半径 r	mm

参数名称	工程单位	内部单位	换算关系
速度	rpm	DEC	$\text{DEC} = [(\text{RPM} \cdot 512 \cdot \text{编码器分辨率}) / 1875]$
加速度	mps/s	DEC	$\text{DEC} = [(\text{RPS}/\text{S} \cdot 65536 \cdot \text{编码器分辨率}) / 4000000]$
电流	A	DEC	$1\text{Arms} = [2048 / (\text{驱动器峰值电流 } I_{\text{peak}} / 1.414)]\text{DEC}$

例如，速度工程单位是 rpm，内部单位是 dec，两者关系是 1RPM 约等于 2730dec (编码器分辨率 10000)!

假设需要速度为 10rpm，那么用通讯控制时需写入速度为 27300dec，16 进制为 6AA4。同理，当电机编码器分辨率为 65536 时，两者关系是 1RPM 约等于 17896dec。

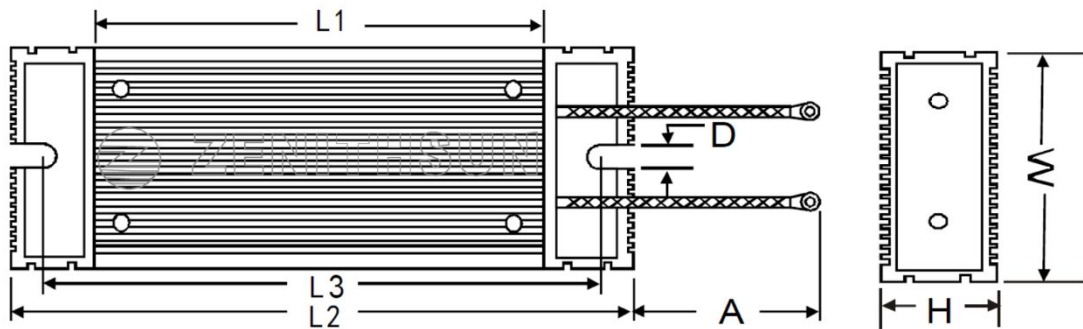
电流工程单位是 Arms，内部单位是 dec，假设使用的伺服为 MD60-040-DMAK-CA-000，驱动器峰值电流 I_{peak} 为 36Ap，那么 1Arms 约等于 80dec。

表 1 集成伺服峰值电流注明

产品型号	MD60-020	MD60-040	MD80-075
最大电流(0x6510.03)	36Ap	36Ap	80Ap

附录二 制动电阻的使用

伺服电机在制动状态下产生的能量会反馈回驱动器直流母线中，当直流母线电压值超过保护范围，则驱动器报总线电压过高故障，这时多余的能量需要外接制动电阻来消耗。选配制动电阻阻值不可低于推荐阻值。通过动力端的 RB+ 以及 RB- 连接制动电阻，并正确设置好制动电阻阻值以及制动电阻功率。



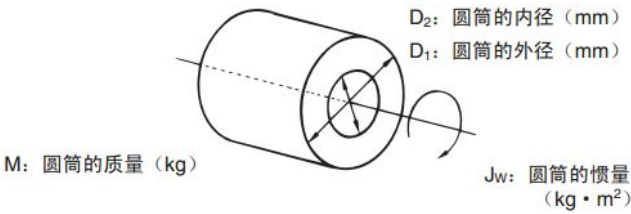
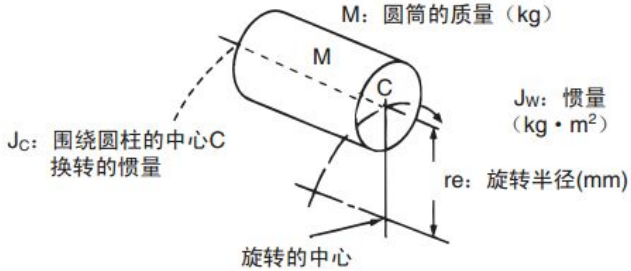
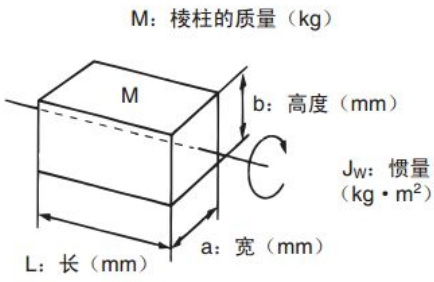
功率	尺寸						
	W±1	H±1	L1±2	L2±2	L3±2	D±0.5	A±10
100W	40	20	110	140	125	5.2	300

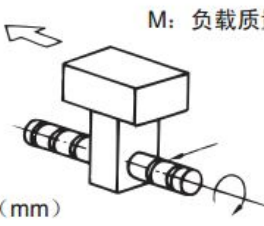
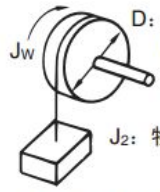
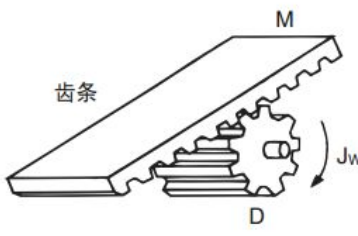
驱动器型号	制动电阻型号	制动电阻阻值[Ω]	制动电阻功率[W]	制动电阻耐压[VDC] (最小值)
MD60(200W)	T-27R-100	27	100	500
MD60(400W)	T-10R-100	10	100	500
MD80(750W)	T-5R-100	5	100	500

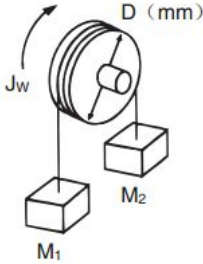

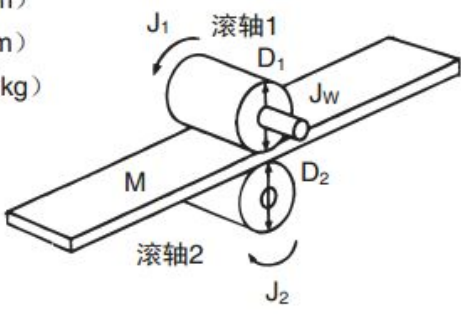
制动电阻参数设置

地址	位数	modbus 地址	命令类型	单位	详细解释
65100810	Unsigned16	0x6810	RW	V	斩波电压点, 默认 70V
60F70110	Unsigned16	0x6010	RW	Ω	制动电阻阻值
60F70210	Unsigned16	0x6020	RW	W	制动电阻功率

附录三 常见负载惯量计算

<p>圆筒的惯量</p>	 <p> D_2: 圆筒的内径 (mm) D_1: 圆筒的外径 (mm) M: 圆筒的质量 (kg) J_w: 圆筒的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) </p>	$J_w = \frac{M(D_1^2 + D_2^2)}{8} \times 10^{-6} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>偏心圆板的惯量 / 旋转中心偏移时的圆筒</p>	 <p> M: 圆筒的质量 (kg) J_c: 围绕圆柱的中心C 换的惯量 J_w: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) r_e: 旋转半径(mm) 旋转的中心 </p>	$J_w = J_c + M \cdot r_e^2 \times 10^{-6} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>旋转棱柱的惯量</p>	 <p> M: 棱柱的质量 (kg) L: 长 (mm) a: 宽 (mm) b: 高度 (mm) J_w: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) </p>	$J_w = \frac{M(a^2 + b^2)}{12} \times 10^{-6} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

<p>直线运动物体的惯量</p>	 <p>M: 负载质量 (kg)</p> <p>J_B: 滚珠丝杠的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p> <p>P: 滚珠丝杠的节距 (mm)</p> <p>J_w: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p>	$J_w = M \left(\frac{P}{2\pi} \right)^2 \times 10^{-6} + J_B (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>将物体用滑轮提升时的惯量</p>	 <p>D: 直径 (mm)</p> <p>M_1: 圆筒的质量 (kg)</p> <p>J_1: 圆筒的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p> <p>$J_2$: 物体决定的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p> <p>$M_2$: 物体的质量 (kg)</p> <p>$J_w$: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p>	$J_w = J_1 + J_2$ $= \left(\frac{M_1 \cdot D^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D^2}{4} \right) \times 10^{-6} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>用齿轮 / 齿条传动时的惯量</p>	 <p>J_w: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)</p> <p>M: 质量 (kg)</p> <p>D: 齿轮直径 (mm)</p>	$J_w = \frac{M \cdot D^2}{4} \times 10^{-6} (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$

<p>带配重时的惯量</p>	 <p> J_W: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) M_1: 质量 (kg) M_2: 质量 (kg) </p>	$J_W = \frac{D^2(M_1+M_2)}{4} \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>用传送带运送物体时的惯量</p>	 <p> M_3: 物体的质量 (kg) M_4: 传送带的质量 (kg) J_W: 惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_1: 圆筒1的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_2: 圆筒2所产生的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_3: 物体所产生的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_4: 传送带所产生的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) D_1: 圆筒1的直径 (mm) M_1: 圆筒1的质量 (kg) D_2: 圆筒2的直径 (mm) M_2: 圆筒2的质量 (kg) </p>	$J_W = J_1 + J_2 + J_3 + J_4$ $= \left(\frac{M_1 \cdot D_1^2}{8} + \frac{M_2 \cdot D_2^2}{8} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} + \frac{M_3 \cdot D_1^2}{4} + \frac{M_4 \cdot D_1^2}{4} \right) \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$
<p>工件处于被滚轴夹入状态时的惯量</p>	 <p> J_W: 系统整体的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_1: 滚轴1的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) J_2: 滚轴2的惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) D_1: 滚轴1的直径 (mm) D_2: 滚轴2的直径 (mm) M: 工件的等效质量 (kg) </p>	$J_W = J_1 + \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 J_2 + \frac{M \cdot D_1^2}{4} \times 10^{-6} \text{ (kg} \cdot \text{m}^2)$

换算到电机轴的负载惯量	<p> J_w: 负载惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) Z_2: 负载侧齿轮齿数 J_2: 负载侧齿轮惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) Z_1: 电机侧齿轮齿数 J_1: 电机侧齿轮惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) 变速传动比 $G = Z_1 / Z_2$ J_L: 换算到电机轴的负载惯量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$) </p>	$J_L = J_1 + G^2(J_2 + J_w) (\text{kg} \cdot \text{m}^2)$
-------------	--	---

附录四 控制端子制线说明

MD 系列随产品配送 X1、X2 通讯口以及 X3 外部输出输出口的插接端子和针脚，需配合使用 30~22AWG 规格范围的导线，使用杜邦端子压线钳制作线缆。

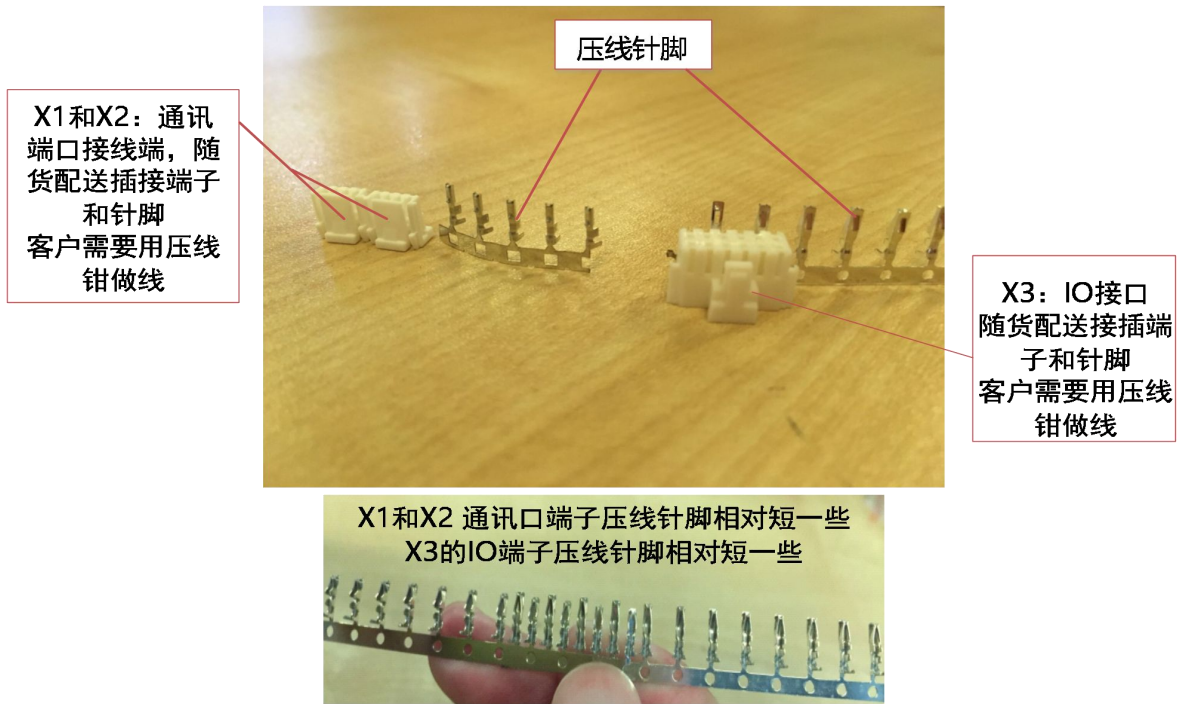


图 1 压接端子及压接针脚说明



图 2 压线钳说明

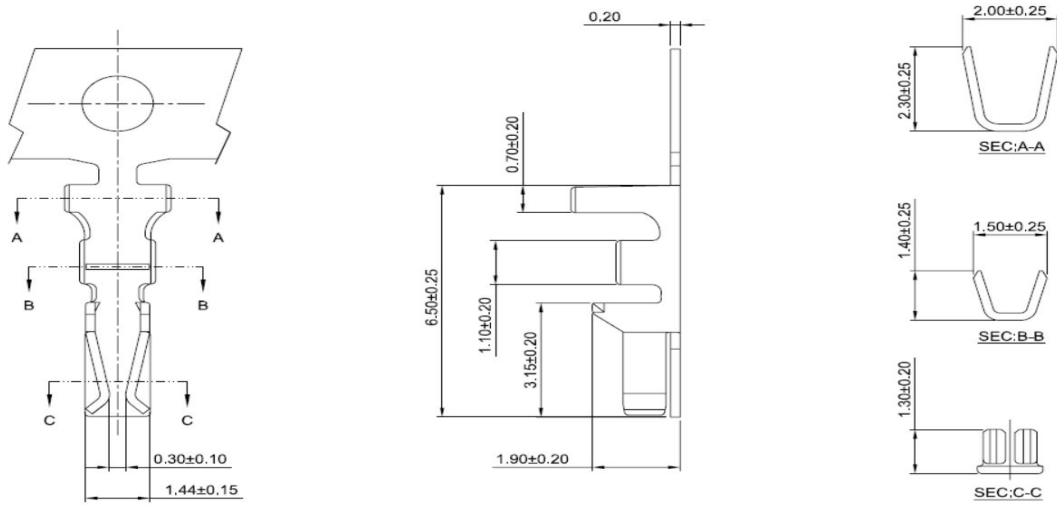


图 3 X1 与 X2 通讯端口压针规格

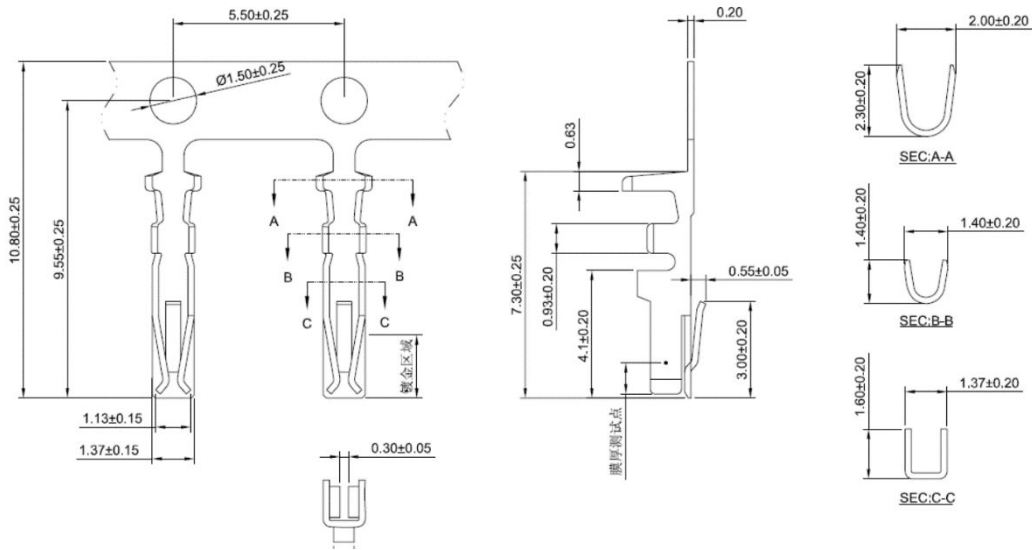


图 4 X3 的 IO 端口压针规格

MD 集成式伺服电机端子规格型号如下表所示，可根据需求进行购买。

端口	对接端子			
	名称	规格型号	数量	
X1 (CANor RS485)	插头	JST ZER-04V-S	2	
	插针	JST SZE-002T-P0.3	8	
X2 (RS232)	2.0mm 4P 插头	CJT A2008H-04P	1	
	单排金属插针	CJT A2008-TP	4	
X3 (IO)	接线端子 (头)	JST PUDP-12V-S	1	
	压接插针	JST SPUD-002T-P0.5	12	
X5	MD60 电源输入	接线端子 (头)	DINKLE 0226-0704	1
	MD80 电源输入	接线端子 (头)	DINKLE 0227-0704	1