

## 第4章 试运行操作

## 4.1 KS3 调试软件说明

#### 4.1.1 概述

KincoServo3 软件安装包可从本公司官网上获取。

iSMK 系列驱动器使用 KincoServo3 软件将电脑与伺服驱动器通过 RS485 调试线进行连接通讯，不支持 USB 通讯连接。

FD1X5 系列驱动器使用 KincoServo3 软件将电脑与伺服驱动器通过 RS485 调试线或 USB 进行连接通讯。

#### 4.1.2 连接

#### 4.1.2.1 PC 端与驱动器连接说明

- iSMK 驱动器与 PC 端连接上位机是通过 RS485 调试线使用 232 协议进行连接通讯，接线方式如下：

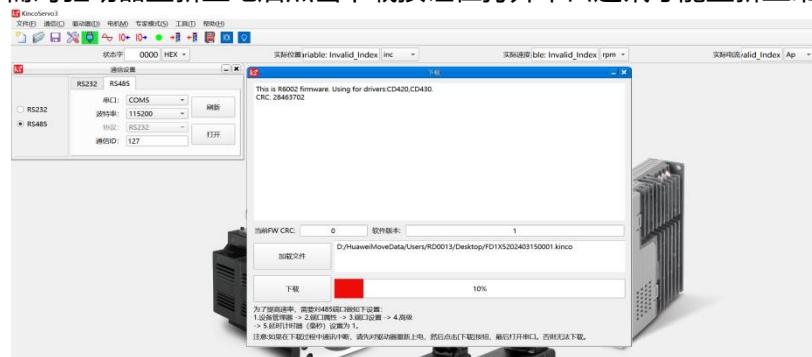


使用 RS485 调试线与上位机连接时，需注意：

- 在通信设置页面上需要选成 RS485 接口，由于 iSMK 驱动器默认 RS485 通信协议为 232 协议，所以无需通过内部地址更改通讯协议即可成功连接上位机。



- 当使用 RS485 调试线在更新固件的过程中突然掉电导致通讯中断，其在软件上显示的现象如下所示，需对驱动器重新上电后点击下载按钮在打开串口通讯才能重新正常更新固件。



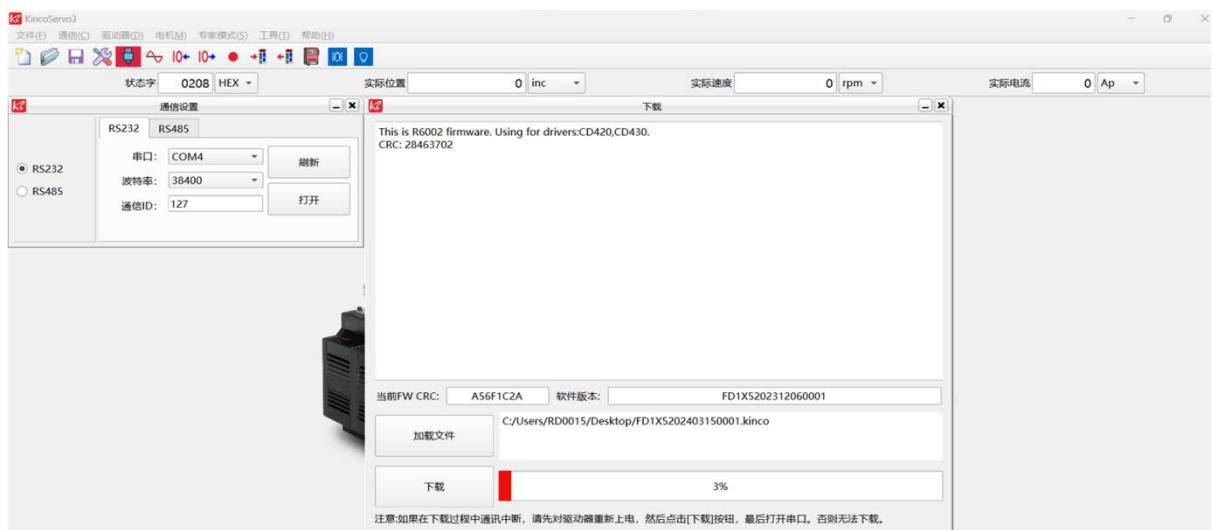
- FD1X5 驱动器与 PC 端连接上位机通过 USB 线缆进行通讯，或者用 RS485 调试线使用 232 协议进行连接通讯。

(1) 当使用 USB 调试线与上位机进行连接时，需注意：

- 在通信设置页面上需要选成 RS232 接口，由于 FD1X5 驱动器的 usb 接口默认使用 232 通讯协议，所以无需通过内部地址更改通讯协议即可成功连接上位机。



- 当仅使用 USB 调试线与上位机进行通讯且驱动器外部没有供电的情况下，调试线在存储数据的过程中突然掉线，此时驱动器会报警 EEPROM。
- 当使用 Type-C 接口在更新固件的过程中突然掉电导致通讯中断，其在软件上显示的现象如下所示，需对驱动器重新上电后点击下载按钮在打开串口通讯才能重新正常更新固件。



(2) 当使用 RS485 调试线与上位机连接时，需注意：

- FD1X5 驱动器与 PC 端连接上位机通过 RS485 调试线使用 232 协议进行连接通讯时，接线方式如下（[详细请看 X1 端口介绍](#)）：



- FD1X5 驱动器的 RS485 接口默认 RS485 通信协议为 MODBUS，如需使用 RS485 连接上位机需要通过 MODBUS 更改 RS485 通讯协议（modbus 地址映射为 0X86C0）切换成 232 协议功能，操作步骤如下，操作完成后在对驱动器进行重启。

| 步骤 | MODBUS 报文               | 报文说明 (ID=1)                     |
|----|-------------------------|---------------------------------|
| 1  | 01 06 86 C0 00 01 61 7E | 65100C 写 1, 立即切换为 232 协议        |
|    | 01 06 86 C0 00 03 E0 BF | 65100C 写 3, 切换为 232 协议, 保存重启后生效 |
| 2  | 01 06 29 10 00 01 41 93 | 存储控制参数                          |

关联参数:

| 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 (Modbus 地址: 0X2600)<br>设置值 波特率<br>1080——9600<br>540——19200<br>270——38400<br>90——115200<br>注: 需要保存再重新启动。 | iSMK:90<br>FD1X5:270 |
| 65100C08 | RS485 通讯协议选择 | bit0: 0: 使用 MODBUS 协议 1: 使用 RS232 的通讯协议<br>bit1: 0: 更改 bit0 时立即生效 1: 更改 bit0 时存储重启生效                                    | iSMK: 1<br>FD1X5: 0  |
| 65100E10 | RS485 模式     | 数据位=8, 停止位=1, 无奇偶校验   | 固定值                  |



### 注意

在进行固件下载时, 请勿移动上位机界面, 否则会导致下载失败

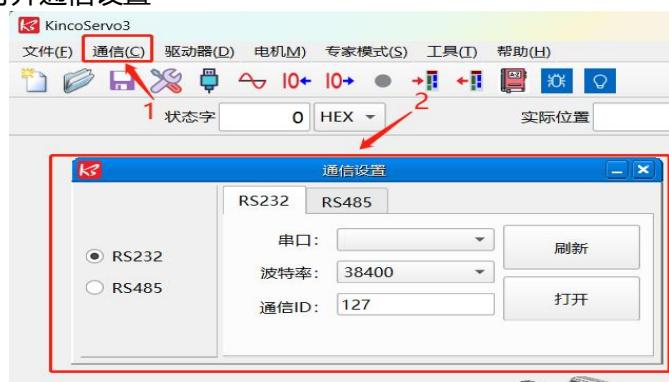
#### 4.1.2.2 启动 KincoServo3

##### 1、启动 kincoServo3

- 双击点击启动软件



##### 2、点击通信打开通信设置



- 点击刷新, 下拉选择连接的串口端口
- 选择驱动器内部设置的波特率, ismk 默认为 115200, FD1X5 默认为 38400。
- 设置驱动器的设备站号, 默认一般为 1 (127 为通用 ID)



### 注意

当上位机与驱动器连接不上时, 需注意以下几点:

- 确定通讯线缆的好坏, 检查通讯连线是否正确。

- 确定调试线与 PC 连接的串口是否一致。
- 确认通讯选择的波特率是否为驱动器内部设置值。
- 确定通讯设定的站号是否为驱动器内部设定站号，可以使用通用 ID=127 进行连接。

### 4.1.3 调试软件功能介绍

KincoServo3 主要功能如下：

➤ **系统监控:** 监控伺服驱动器的运行状态、报警情况以及检测和保存伺服运行的瞬时数据

具体的功能模块包含：

- 示波器功能
- 报警显示功能
- 状态监控功能

➤ **参数管理:**

- 读取和下载伺服驱动器对象字典中的全部参数
- 读取以前保存的参数文件
- 对参数进行修改
- 将参数下发给驱动器
- 保存驱动器参数到 EEPROM
- 恢复出厂参数

➤ **惯量识别:** 通过一系列动作对负载惯量进行辨识后可通过参数管理把真实惯量写入驱动器

➤ **增益调整:**

- 可对伺服的刚性等级和调整方式进行调节，当调整为手动模式时可以对各个参数进行修改
- 可对刚性等级进行设置，其主要作用是用来调用刚性表，不同的刚性等级对应刚性表中与之相对应的 PID 参数，且不能对其中某参数进行修改

## 4.2 运行前准备

在运行驱动器以及伺服电机前需要进行以下的表格项目进行相对应的检查。

### 4.2.1 接线检查与环境检查

表 4-1 检查项目表

| 序号 | 接线检查项目  |
|----|---|
| 1  | 伺服驱动器的电源输入端子 (DC+、DC-) 必须正确连接。                |
| 2  | 伺服驱动器输出端子(U、V、W)和伺服电机动力线缆(U、V、W)必须相位一致，且正确连接。 |
| 3  | 伺服驱动器的电源输入端子 (DC+、DC-) 和主回路输出端子(U、V、W) 不能短路。  |
| 4  | 伺服驱动器各控制信号线缆接线正确，抱闸、超程保护等外部信号线已可靠连接。          |
| 5  | 伺服驱动器和伺服电机必须可靠接地。                             |

|    |                                    |
|----|------------------------------------|
| 6  | 所有线缆的受力在规定范围之内。                    |
| 7  | 配线端子已进行绝缘处理。                       |
| 序号 | 环境检查项目                             |
| 1  | 伺服驱动器内外部没有会造成信号线、电源线短路的电线头、金属屑等异物。 |
| 2  | 伺服驱动器和外置制动电阻未放置于可燃物体上。             |
| 3  | 伺服电机的安装、轴和机械的连接必须可靠。               |
| 4  | 伺服电机和所连接的机械必须处于可以运行的状况。            |

#### 4.2.2 电机参数检查

iSMK 系列为一体化驱动器，所以无需对电机参数进行更改；FD1X5 系列目前仅支持多摩川协议的编码器电机，配置电机参数时可以根据电机参数表对相关参数进行修改。

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称    | 含义描述   |
|---------|------------|---------|--|
| 3041.06 | Unsigned8  | 使用内部电机库 | 1: 用户手动输入电机型号，使用驱动器中的电机库对应的电机参数<br>2: 读取并使用编码器中的保存的电机参数  |
| 6410.01 | Unsigned16 | 电机型号    | 电机型号 对应代码 (Motor code)<br>SMK60S-0020-30SAK/SBK-5DSA R2<br>SMK60S-0040-30SAK/SBK-5DSA R4<br>SMK80S-0075-30SAK/SBK-5DKA R7<br>SMK80S-0100-30SAK/SBK-5DKA R8 |



#### 注意

更多电机参数配置步骤，详情请看 5.6.5 章节

### 4.3 试运行

为了验证伺服驱动器及电机能否正常使用，可使用-3 模式确认伺服电机是否可以正常旋转，观察转动时有无异常振动和异常声响。可以连接上位机软件进行运行操作。其运行步骤如下：

- 配线检查：
  - 电源输入和电机输出配线无误
  - 利用 485 调试连接线（或 USB 调试线）使伺服驱动器和电脑上位机软件 KS3 进行通信连接
- 电源电压确认，是否在额定范围，驱动器上电，观察 POWER 灯是否处于常亮状态
- 配置使能信号，工作模式设置为-3，初次运行时，建议使电机低速旋转，确认电机旋转状况是否正确
- 观察电机旋转方向是否正确，若发现电机转向与预计的相反，请检查输入指令信号、指令方向设置信号
- 可在上位机软件中监控运行时的状态，例如实际速度，实际电流等参数
- 以上电机状况检查完毕后，可以调整 PID 相关参数使电机工作于预期工况



#### 注意

在试运行过程中，如果出现驱动器报警现象，请查看第 10 章进行错误排查

## 第 5 章 工作模式介绍

伺服系统由伺服驱动器、伺服电机和编码器三大主要部分构成。

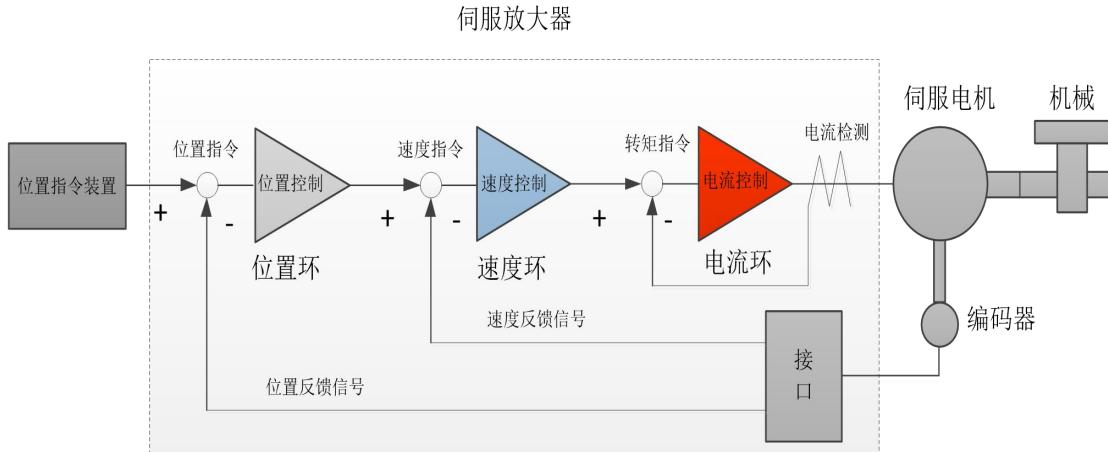


图 5-1 伺服系统控制简图

伺服驱动器是伺服系统的控制核心，通过对输入信号和反馈信号的处理，伺服驱动器可以对伺服电机进行精确的位置、速度和转矩控制，即位置、速度、转矩以及混合控制模式。其中，位置控制是伺服系统最重要、最常用的控制模式。

依据伺服驱动器的命令方式和运行控制特点可分为三种控制模式，即位置模式、速度模式、转矩模式。

位置控制是指通过位置指令控制电机的位置。以位置指令总数确定电机目标位置，位置指令频率决定电机转动速度。通过内部编码器（伺服电机自带编码器）或者外部编码器（全闭环控制），伺服驱动器能够对机械的位置和速度实现快速、精确的控制。因此，位置控制模式主要用于需要定位控制的场合。

速度控制是指通过速度指令来控制机械的速度。通过通讯给定速度指令，伺服驱动器能够对机械速度实现快速、精确的控制。因此，速度控制模式主要用于控制转速的场合，或者使用上位机实现位置控制，上位机输出作为速度指令输入伺服驱动器的场合。

伺服电机的电流与转矩呈线性关系，因此，对电流的控制即能实现对转矩的控制。转矩控制是指通过转矩指令来控制电机的输出转矩。可以通过通讯给定转矩指令。

### 5.1 伺服状态

#### 5.1.1 伺服状态

使用 iSMK 或者 FD1X5 伺服驱动器必须按照 DS402 协议规定的流程引导伺服驱动器，伺服驱动器才可运行于指定的状态。

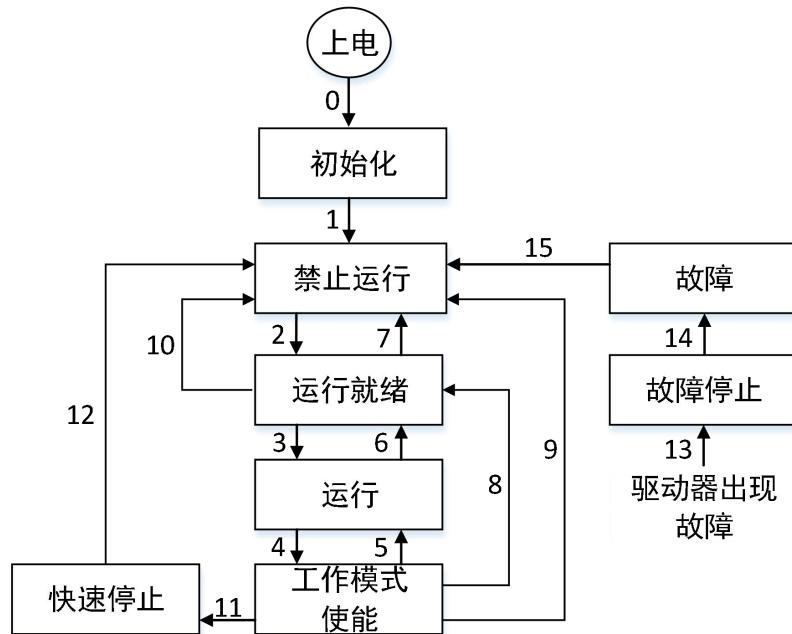


图 5-2 DS402 状态机

各状态解释如下表：

表 5-1 状态说明

| 状态     | 解释  |
|--------|---|
| 初始化    | 驱动器处于初始化程序状态，无法设置参数。                        |
| 禁止运行   | 初始化已经完成，可以设置参数但无法使能驱动器。                     |
| 运行就绪   | 驱动器运行就绪，可以设置参数，允许使能驱动器。                     |
| 运行     | 驱动器主电源电路就绪但未通电，但可以设置参数，允许使能驱动器。             |
| 工作模式使能 | 驱动器处于使能状态，主电源电路通电启动驱动功能，电机运转，部分参数在此状态下不可设置。 |
| 快速停止   | 执行快速停止命令，电机根据快速停止模式停机。                      |
| 故障停止   | 驱动器产生故障，电机根据报错停止模式停机。                       |
| 故障     | 驱动器处于故障状态，已完成故障停机。排除以及复位故障后允许使能驱动器。         |

表 5-2 控制命令与状态切换说明

| 序号 | 状态切换            | 触发事件(bit3~bit0)        | 驱动状态(bit7~bit0) |
|----|-----------------|------------------------|-----------------|
| 0  | 上电状态→初始化状态      | 驱动器电源接通后自动切换状态，无需下发控制字 | 驱动器自行初始化        |
| 1  | 初始化状态→禁止运行状态    | 自动切换状态，无需下发控制字         | 驱动器可正常通讯        |
| 2  | 禁止运行状态→运行就绪状态   | 控制字输入 6                | 状态字切换为 31       |
| 3  | 运行就绪状态→运行状态     | 控制字输入 7                | 状态字切换为 33       |
| 4  | 运行状态→工作模式使能状态   | 控制字输入 F                | 状态字切换为 0037     |
| 5  | 工作模式使能状态→运行状态   | 控制字输入 7                | 状态字切换为 0033     |
| 6  | 运行状态→运行就绪状态     | 控制字输入 6                | 状态字切换为 0031     |
| 7  | 运行就绪状态→禁止运行状态   | 控制字输入 0                | 状态字切换为 0070     |
| 8  | 工作模式使能状态→运行就绪状态 | 控制字输入 6                | 状态字切换为 0031     |

|    |                 |   |  |
|----|-----------------|---|--|
| 9  | 工作模式使能状态→禁止运行状态 | 控制字输入 0   | 状态字切换为 0070                                    |
| 10 | 运行就绪状态→禁止运行状态   | 控制字输入 0   | 状态字切换为 0070                                    |
| 11 | 工作模式使能状态→快速停止状态 | 控制字输入 2   | 状态字切换为 0050                                    |
| 12 | 快速停止状态→禁止运行状态   | 当快速停止功能完成, 快速停止模式为 0、1、2、18 时, 驱动器自动切换为禁止运行状态     | 禁用驱动器的功能, 关断主电源                                |
| 13 | →故障停机状态         | 在初始化, 禁止运行, 运行就绪, 运行, 工作模式使能, 快速停止状态下达到故障断条件后自动切换 | 根据报错停止模式进行停机                                   |
| 14 | 故障停止状态→故障状态     | 自动切换  | 状态字切换为 0038<br>需要禁用驱动器功能, 主电源需要关断              |
| 15 | 故障状态→禁止运行状态     | 控制字输入 86 切换状态<br>来自 IO 或者远程控制下发的错误复位命令            | 状态字切换为 0031<br>如果驱动器异常已经清除, 需使用控制字的 bit 清除故障状态 |
| 16 | 快速停止状态→工作模式使能状态 | 快速停止模式为 5、6 时, 控制字输入 F 切换状态                       | 需要启动驱动器功能                                      |

### 5.1.2 控制字与状态字相关说明

控制字与状态字介绍如下表:

表 5-3 控制字与状态字介绍

| 名称  | 索引地址     | 属性    | 类型     | 单位  | 详细解释   | 出厂默认 |
|-----|----------|-------|--------|-----|--|------|
| 控制字 | 60400010 | RWLTM | Uint16 | HEX | bit0: Switch_on 可以开启伺服运行<br>bit1: Enable_voltage 接通主回路电<br>bit2: Quick_stop 快速停机<br>bit3: Enable_operation 伺服运行<br>bit4: Set_Point 指令激活<br>bit5: Immed_Change 立即有效<br>bit6: Related_Abs 绝对/相对位置<br>bit7: Fault_reset 故障复位<br>bit8: Halt 暂停<br>bit9: Reserved0 保留<br>bit10: Reserved1 保留<br>bit11: Manufacture0 厂家自定义<br>bit12: Manufacture1 厂家自定义<br>bit13: Manufacture2 厂家自定义<br>bit14: Manufacture3 厂家自定义<br>bit15: Manufacture4 厂家自定义 | 6    |

|     |          |      |        |     |  |   |
|-----|----------|------|--------|-----|--|---|
| 状态字 | 60410010 | RLTM | Uint16 | HEX | bit0: Ready_on 驱动器就绪<br>bit1: Switched_on 驱动器使能<br>bit2: Operation_enable 工作模式使能<br>bit3: Fault 报警<br>bit4: Voltage_enable 动力电输入<br>bit5: Quick_stop 快速停止<br>bit6: Switchon_disabled<br>bit7: Warning 警告<br>bit8: Maunufacure0<br>bit9: Remote 远程控制<br>bit10: Target_reached 目标到达<br>bit11: Intlim_active 正/负向限位<br>bit12: Setpoint_Ack<br>bit13: Fllowing_Error 位置跟随误差<br>bit14: Commutation_Found 已找到励磁<br>bit15: Reference_Found 已找原点 | - |
|-----|----------|------|--------|-----|--|---|

### 5.1.2.1 控制字说明 604000

表 5-4 控制字说明

| 控制字  | 状态  | 含义                                    | 备注                    |
|------|-----|---------------------------------------|-----------------------|
| bit0 | 0   | 驱动器运行-无效                              | 详情请看表 5-2 控制命令与状态切换说明 |
|      | 1   | 驱动器运行-有效                              |                       |
| bit1 | 0   | 主电源电路就绪-无效                            |                       |
|      | 1   | 主电源电路就绪-有效                            |                       |
| bit2 | 0   | 快速停机-有效                               |                       |
|      | 1   | 快速停机-无效                               |                       |
| bit3 | 0   | 伺服运行-无效                               |                       |
|      | 1   | 伺服运行-有效                               |                       |
| bit4 | 0→1 | 表示预使能一段新的位移指令，是否使能成功，由伺服状态决定          | 位置模式                  |
|      | 1→0 | 表示预清零控制字 6041h 的 bit12，是否成功清零，由伺服状态决定 |                       |
| bit4 | 0   | 未激活原点模式                               | 原点模式                  |
|      | 0→1 | 激活原点模式                                |                       |
| bit4 | 1   | 原点回零进行中                               |                       |
|      | 1→0 | 中断原点回零                                |                       |
| bit4 | 0   | 中断插补                                  | 插补模式                  |
|      | 1   | 使能插补                                  |                       |
| bit5 | 0   | 加减速、梯形速度、目标位置不更新                      | F→2F                  |
|      | 1   | 加减速、梯形速度、目标位置立即更新                     |                       |
| bit6 | 0   | 目标位置 607Ah 为绝对定位的位置指令                 | 位置模式                  |
|      | 1   | 目标位置 607Ah 为相对定位的位置指令                 |                       |
| bit7 | 0→1 | 故障复位-上升沿有效                            | 故障复位                  |
|      | 1   | 故障复位完成                                |                       |

|  |    |   |                       |  |
|--|----|---|-----------------------|--|
| bit8   | 1  | 伺服电机暂停运行                                | 适用于除力矩模式(4 模式)以外的工作模式 |  |
|  | 0  | 伺服电机继续运行 (继续执行上一次任务)                    |                       |  |
| bit9   | 保留 |   |                       |  |
| bit10  |    |   |                       |  |
| bit11  |    |   |                       |  |
| bit12  | 0  | 目标位置 607Ah 为绝对定位的位置指令, 不根据目标位置变化更新轮廓轨迹  | 位置模式                  |  |
|  | 1  | 目标位置 607Ah 为绝对定位的位置指令, 根据目标位置变化实时更新轮廓轨迹 |                       |  |
| bit13  | 保留 |   |                       |  |
| bit14  |    |   |                       |  |
| bit15  |    |   |                       |  |
| 电机锁轴: 0x2F/0x0F<br>电机松轴: 0x06<br>错误复位: 0x86<br>绝对位置模式: 0x2F→0x3F<br>根据目标位置变化立即绝对定位模式: 0x103F<br>相对位置模式: 0x4F-->0x5F<br>找原点: 0x0F->0x1F |    |   |                       |  |

### 5.1.2.2 状态字说明 604100

表 5-5 状态字说明

| 状态字  | 状态      | 含义          | 备注                  |
|------|---------|-------------|---------------------|
| bit0 | 0       | 伺服无故障-无效    | 详见表 5-2 控制命令与状态切换说明 |
|      | 1       | 伺服无故障-有效    |                     |
| bit1 | 0       | 等待打开伺服使能-无效 |                     |
|      | 1       | 等待打开伺服使能-有效 |                     |
| bit2 | 0       | 伺服运行就绪-无效   |                     |
|      | 1       | 伺服运行就绪-有效   |                     |
| bit3 | 0       | 故障-无效       |                     |
|      | 1       | 故障-有效       |                     |
| bit4 | 0       | 接通主回路电-无效   |                     |
|      | 1       | 接通主回路电-有效   |                     |
| bit5 | 0       | 快速停机-有效*    |                     |
|      | 1       | 快速停机-无效*    |                     |
| bit6 | 0       | 伺服准备好-无效    |                     |
|      | 1       | 伺服准备好-有效    |                     |
| bit7 | 0       | 伺服没有警告状态字   |                     |
|      | 1       | 伺服处于警告状态    |                     |
| bit8 | 预留, 未定义 |             |                     |

|       |   |  |        |
|-------|---|--|--------|
| bit9  | 0 | DIN 定义使能/复位故障, IO 控制                         |        |
|       | 1 | 远程通讯控制                                       |        |
| bit10 | 0 | 目标位置、零速度、目标速度未到达                             | 目标到达   |
|       | 1 | 位置到、速度到、零速度到达                                |        |
| bit11 | 0 | 实际位置未达到软限位/硬限位位置                             | 正/负向限位 |
|       | 1 | 实际位置达到软限位/硬限位位置, 输入反向移位指令可使电机退出位置超限状态, 并清零该位 |        |
| bit12 | 0 | 伺服可接收新的位移指令                                  | 位置模式   |
|       | 1 | 伺服不可接收新的位移指令                                 |        |
|       |   | 原点回零误差                                       | 原点模式   |
|       | 0 | 用户速度不为零                                      | 速度模式   |
|       | 1 | 用户速度为零                                       |        |
| bit13 | 0 | 位置跟随误差未超过最大跟随误差                              | 位置跟随误差 |
|       | 1 | 位置跟随误差已超过最大跟随误差                              |        |
| bit14 | 0 | 没有找到电机励磁或电机励磁丢失                              | 励磁状态   |
|       | 1 | 已找到电机励磁                                      |        |
| bit15 | 0 | 原点回零未进行或未完成                                  | 原点状态   |
|       | 1 | 已完成原点回零, 参考点已找到                              |        |

## 5.2 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、内部指令写入两种方式。

表 5-6 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         |
|---------|------------|----------|---|-------------|
| 6060.00 | 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;<br>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      |
| 6040.00 | Unsigned16 | 控制字      | 0x0F 电机锁轴<br>0x06 电机松轴  | 0x0F、0x06   |
| 60FF.00 | 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      |
| 6083.00 | Unsigned32 | 梯形加速度    | 1 模式和 3 模式下生效   | 默认 100rps/s |
| 6084.00 | Unsigned32 | 梯形减速度    | 1 模式和 3 模式下生效   | 默认 100rps/s |
| 607E.00 | Unsigned 8 | 速度位置方向控制 | 运行极性翻转<br>0: 逆时针为正方向 (默认值)<br>1: 顺时针为正方向                      | 0、1         |



### 注意

使能状态下无法修改速度位置方向控制。

## 5.2.1 相关功能设置

### 5.2.1.1 DIN 速度模式介绍

DIN 速度段的设置界面在上位机软件中打开。

表 5-7 DIN 速度模式介绍

| 内部地址    | 位数         | 参数名称      | 含义描述  | 设置值  |
|---------|------------|-----------|---|------|
| 2020.05 | 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 是来自以下信号组成的 BCD 码：<br>位 0: Din 速度索引 0;<br>位 1: Din 速度索引 1;<br>位 2: Din 速度索引 2;<br>其中位数全为 0 的情况不能出现; | 用户定义 |
| 2020.06 | Integer32  | Din 速度[1] |   |      |
| 2020.07 | Integer32  | Din 速度[2] |   |      |
| 2020.08 | Integer32  | Din 速度[3] |   |      |
| 2020.14 | Integer32  | Din 速度[4] |   |      |
| 2020.15 | Integer32  | Din 速度[5] |   |      |
| 2020.16 | Integer32  | Din 速度[6] |   |      |
| 2020.17 | Integer32  | Din 速度[7] |   |      |
| 6083.00 | Unsigned32 | 梯形加速度     |   |      |
| 6084.00 | Unsigned32 | 梯形减速度     |   |      |

表 5-8 DIN 速度段设置

| DIN 速度索引 0 | DIN 速度索引 1 | DIN 速度索引 2 | 对应速度段     | 设置值  |
|------------|------------|------------|-----------|------|
| 0          | 0          | 0          | Din 速度[0] | 用户定义 |
| 1          | 0          | 0          | Din 速度[1] |      |
| 0          | 1          | 0          | Din 速度[2] |      |
| 1          | 1          | 0          | Din 速度[3] |      |
| 0          | 0          | 1          | Din 速度[4] |      |
| 1          | 0          | 1          | Din 速度[5] |      |
| 0          | 1          | 1          | Din 速度[6] |      |
| 1          | 1          | 1          | Din 速度[7] |      |

0 代表信号断开，1 代表信号接通。

激活 DIN 速度模式需要注意以下几点：

- 1、DIN 速度模式只在 3 或 -3 模式下进行，在其他的工作模式下无效。
- 2、模拟-速度控制(250207)为 0，关闭模拟-速度通道。
- 3、数字输入 DIN 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。

### 5.2.1.2 速度到功能

速度到窗口可用来监控实际速度反馈和目标速度指令是否一致。速度模式下监测的速度误差窗口小于速度到窗口设定值，则输出速度到，状态字的 BIT10 置 1。

关联参数：

| 内部地址    | 位数        | 参数名称  | 含义描述   | 设置值       |
|---------|-----------|-------|--|-----------|
| 60F9.1C | Integer32 | 速度误差  | 速度误差窗口   | \         |
| 60F9.0A | Integer32 | 速度到窗口 | 速度误差窗口,在速度模式下,当 速度误差  (60F9.1C) 小于该值则视为目标到, 状态字 BIT10=1; | 默认 100rpm |

### 5.2.1.3 零速度功能

零速度监控可用于确认电机的速度反馈的绝对值是否小于零速度窗口设定值。若是则认为当前电机接近于零速静止状态，且状态字的 bit12 被置为 1。

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称   | 含义描述   | 设置值        |
|---------|------------|--------|--|------------|
| 2010.18 | Unsigned16 | 零速度窗口  | 实际速度-ms (60F9.1A) 的绝对值小于等于零速度窗口 (2010.18), 且持续时间大于等于零速度时间 (60F9.14) 时输出零速度功能 | 默认 3inc/ms |
| 60F9.14 | Unsigned16 | 零速输出时间 |  |            |

### 5.2.1.4 最大速度限制功能

速度模式下，通过设置最大速度限制 607F.00 的可限制正反向运行最大速度。但始终不超过电机允许的最大运行速度。

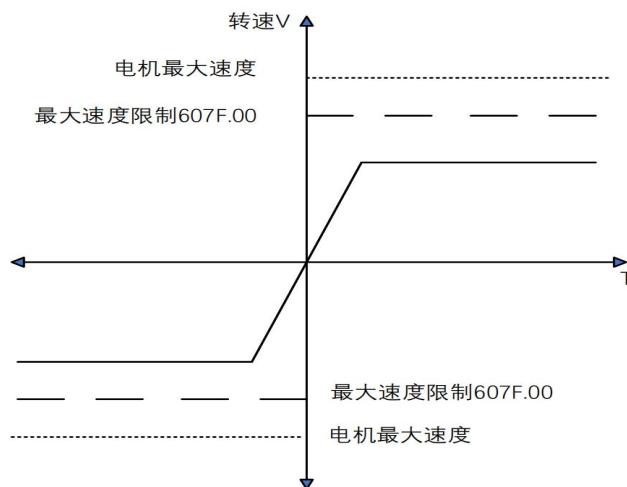


图 5-3 最大速度限制图

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称   | 含义描述     | 设置值        |
|---------|------------|--------|----------|------------|
| 607F.00 | Unsigned32 | 最大速度限制 | 电机最大速度限制 | 默认 5000rpm |

## 5.3 力矩模式 (4)

在力矩模式下，驱动器将控制电机在运行过程中输出用户设定的扭矩大小。

表 5-9 力矩模式相关参数说明

| 内部地址    | 位数         | 参数名称     | 含义描述  | 设置值       |
|---------|------------|----------|---|-----------|
| 6060.00 | Integer8   | 工作模式     | 根据实际控制方式选择工作模式，4 为力矩模式                              | 4         |
| 6071.00 | Integer16  | 目标扭矩%    | 目标力矩占额定力矩的百分比                                       | 用户设置      |
| 6040.00 | Unsigned16 | 控制字      | 使能驱动器   | 0006→000f |
| 607F.00 | Unsigned32 | 最大速度限制   | 电机运行最大速度限制  | 用户设置      |
| 60F5.06 | Integer16  | 扭矩达到基准   | 界限值，实际扭矩超过基准数据且持续时间超过滤波时间，Dout 口输出扭矩达到设定，单位为 Ap     | 用户设置      |
| 60F5.07 | Integer16  | 扭矩达到滤波时间 | 当实际扭矩达到基准值且持续时间超过滤波时间，Dout 输出扭矩达到设定，单位为 ms，最大 32767 | 用户设置      |
| 60F5.08 | Integer16  | 扭矩达到实际扭矩 | 监控实际扭矩参数，单位为 Ap                                     | /         |



### 注意

Dout 的扭矩达到设定功能在任意工作模式下皆可使用。

#### 5.3.1 相关功能设置

##### 5.3.1.1 力矩模式下的最大速度限制功能

力矩模式下，通过设置最大速度限制 607F.00 的可限制正反向运行最大速度。但始终不超过电机允许的最大运行速度。

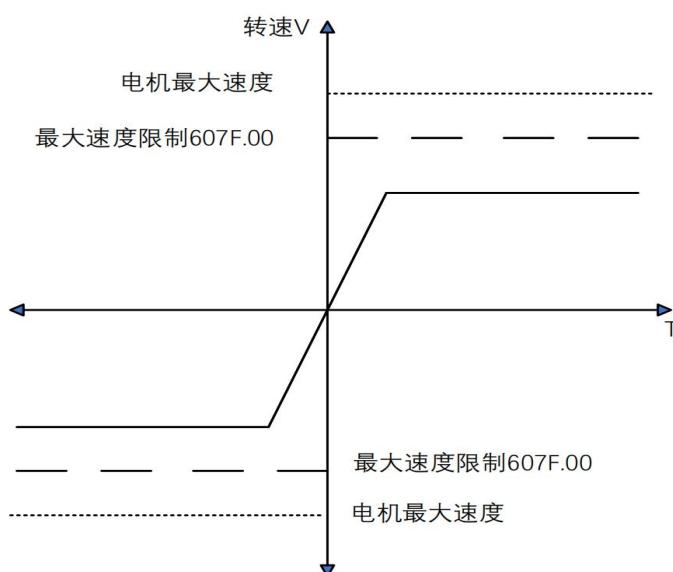


图 5-4 最大速度限制图

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称   | 含义描述     | 设置值        |
|---------|------------|--------|----------|------------|
| 607F.00 | Unsigned32 | 最大速度限制 | 电机最大速度限制 | 默认 5000rpm |

### 5.3.1.2 扭矩达到设定功能

扭矩达到功能是判断目标扭矩指令值是否达到设定的扭矩基准值从而输出相应的转矩到达信号供上位机使用。当实际扭矩达到设定的扭矩达到基准且持续的时间为设定的扭矩达到滤波时间时，输出相对应的信号。

关联参数：

| 内部地址    | 位数        | 参数名称     | 含义描述   | 设置值      |
|---------|-----------|----------|--|----------|
| 60F5.06 | Integer16 | 扭矩达到基准   | 限位界限值，超过基准数据则输出扭矩达到设定，单位为 Ap，设置为 0 表示不开启扭矩达到限制检测 | 默认 0Ap   |
| 60F5.07 | Integer16 | 扭矩达到滤波时间 | 扭矩达到滤波时间   | 默认 100ms |
| 60F5.08 | Integer16 | 扭矩达到实际扭矩 | 监控实际扭矩参数，单位为 Ap                                  | \        |

## 5.4 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、梯形速度来控制。

表 5 - 10 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  |
|---------|------------|-------|---|--|
| 6060.00 | Integer8   | 工作模式  | 控制伺服电机的方式   | 1  |
| 607A.00 | Integer32  | 目标位置  | 目标绝对/相对位置   | 用户定义   |
| 6081.00 | Unsigned32 | 梯形速度  | 位置模式下的速度指令  | 用户定义   |
| 6083.00 | Unsigned32 | 梯形加速度 | 梯形曲线加速度   | 用户定义   |
| 6084.00 | Unsigned32 | 梯形减速度 | 梯形曲线减速度   | 用户定义   |
| 6040.00 | Unsigned16 | 控制字   | 0x2F->0x3F: 激活绝对位置指令，不会根据目标位置变化<br>立刻执行绝对定位指令，工作模式为 1 时使用<br>0x4F->0x5F: 激活相对位置指令，工作模式为 1 时使用<br>0x103F: 根据目标位置变化立即进行绝对定位指令，工作模式为 1 时使用<br>0x06->0x0F 使能驱动器 | 0x2F->0x3F<br>0x4F->0x5F<br>0x06->0x0F<br>0x103F |

## 5.4.1 相关功能设置

### 5.4.1.1 DIN 位置模式介绍

首先，在使用 DIN 位置模式时必须在 I/O 配置中至少定义 Din 位置索引 0，Din 位置索引 1，Din 位置索引 2 中的一个作为位置段的切换信号。

DIN 位置段的设置界面可通过上位机软件菜单栏中打开。

表 5-11 DIN 位置模式介绍

| 内部地址    | 位数        | 参数名称        | 含义描述  | 设置值                    |  |
|---------|-----------|-------------|---|------------------------|--|
| 2020.01 | Integer32 | Din 位置[0]   | 驱动器的位置指令由 DIN 位置索引[x]来指定，其中的 x 是来自以下信号组成的 BCD 码：<br>位 0: Din 位置索引 0；<br>位 1: Din 位置索引 1；<br>位 2: Din 位置索引 2；<br>其中位数全为 0 的情况不能出现； | 用户定义                   |  |
| 2020.02 | Integer32 | Din 位置[1]   |   |                        |  |
| 2020.03 | Integer32 | Din 位置[2]   |   |                        |  |
| 2020.04 | Integer32 | Din 位置[3]   |   |                        |  |
| 2020.10 | Integer32 | Din 位置[4]   |   |                        |  |
| 2020.11 | Integer32 | Din 位置[5]   |   |                        |  |
| 2020.12 | Integer32 | Din 位置[6]   |   |                        |  |
| 2020.13 | Integer32 | Din 位置[7]   |   |                        |  |
| 2FF1.01 | Unsigned8 | 多段位置控制 L 选择 | 选择要设置的位置段 L (L 范围为 0-7，依次对应内部 0-7 位置段)  | 位置段(L)设置的脉冲数=M*10000+N |  |
| 2FF1.02 | Integer16 | 位置 M 设定     | 位置段(L)设置的脉冲数=M*10000+N  |                        |  |
| 2FF1.03 | Integer16 | 位置 N 设定     |   |                        |  |

表 5-12 DIN 位置模式相关 IO 设置

| DIN        | 功能介绍  |
|------------|---|
| 使能         | 驱动器使能   |
| 指令激活       | 激活位置指令，比如控制字由 0x2F 变为 0x3F                                |
| DIN 位置索引 0 | DIN 位置索引[x]来指定，其中的 x 是来自以下信号组成的 BCD 码：                    |
| DIN 位置索引 1 | 位 0: Din 位置索引 0；<br>位 1: Din 位置索引 1；<br>位 2: Din 位置索引 2；  |
| DIN 位置索引 2 |   |
| DOUT       | 功能介绍  |
| 多功能信号 0    | 驱动器执行所选位置段程序，到达 Din 位置[x]后输出多功能信号，其中的 x 是来自以下信号组成的 BCD 码： |
| 多功能信号 1    | 位 0: 多功能信号 0；<br>位 1: 多功能信号 1；<br>位 2: 多功能信号 2；           |
| 多功能信号 2    |   |

表 5-13 DIN 位置模式相关设置

| 内部地址    | 名称        | 数值   | 单位  |
|---------|-----------|------|-----|
| 2020.0E | 工作模式选择 1  | 1    | DEC |
| 2020.02 | Din 位置[1] | 用户定义 | DEC |

|         |           |      |       |
|---------|-----------|------|-------|
| 2020.06 | Din 速度[1] | 用户定义 | rpm   |
| 6083.00 | 梯形加速度     | 用户定义 | rps/s |
| 6084.00 | 梯形减速度     | 用户定义 | rps/s |

使能后选择要走的位置段，仿真指令激活，驱动器执行所选位置段程序，到达 Din 位置[1]后输出多功能信号 0。

#### 提醒

- 多段位置模式中，Din 位置 1~7 段的位置到信号由多功能信号 0~2 组成的 BCD 码表示。
- 指令激活可以将控制字的 bit4 置位以激活位置命令，DIN 位置索引 0~2 的电平变化同样可以激活位置命令，但使能后第一段定位为 DIN 位置 0 时由于没索引信号无电平变化无法激活 DIN 位置 0，因此需要 DIN 输入口定义指令激活。

#### 5.4.1.2 位置到功能

位置到窗口可用来监控实际位置反馈和目标位置指令是否一致。速度模式下监测的速度误差窗口小于速度到窗口设定值，则输出速度到，状态字的 BIT 10 置 1。

关联参数：

| 内部地址    | 位数        | 参数名称  | 含义描述  | 设置值      |
|---------|-----------|-------|---|----------|
| 60F9.1C | Integer32 | 速度误差  | 速度误差窗口  | \        |
| 60F9.0A | Integer32 | 速度到窗口 | 速度误差窗口，在速度模式下，当 速度误差  (60F9.1C) 小于该值则视为目标到，状态字 BIT10=1; | 默认 10rpm |

#### 5.4.1.3 位置跟随误差监控功能

位置跟随误差 (60F4.00) 功能是计算有效目标位置 (60FC.00) 给定指令和实际位置 (6063.00) 反馈指令的差值，当差值累计到设定的最大跟随误差(6065.00)阀值时，报警位置跟随误差允许过大

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称   | 含义描述              | 设置值      |
|---------|------------|--------|-------------------|----------|
| 6063.00 | Integer32  | 实际位置   | 电机的实际位置           | \        |
| 6065.00 | Unsigned32 | 最大跟随误差 | 跟随误差报警界限值         | 默认 10rpm |
| 60F4.00 | Integer32  | 位置跟随误差 | 实际位置和有效目标位置的差值    | \        |
| 60FC.00 | Integer32  | 有效目标位置 | 经过 PID 调节后的目标位置指令 | \        |

## 5.5 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->**专家模式**->**控制模式**->**原点模式**进入，打开后的操作界面如图所示：



图 5-5 原点模式界面

表 5-14 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   | Unsigned32 | 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 | Integer16  | 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<br>0: 运行到原点偏移<br>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          | 原点模式  |
| 60400010 | 控制字      | Unsigned16 | 0x0F->0x1F | 触发回原点   |

**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立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。

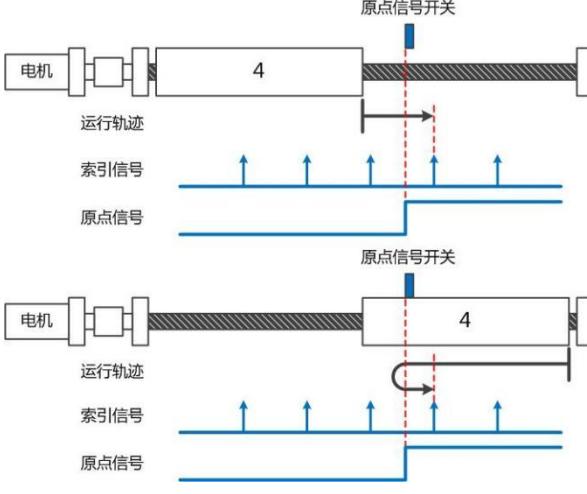
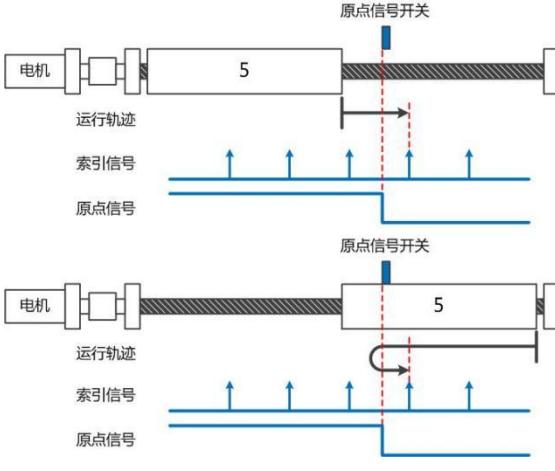
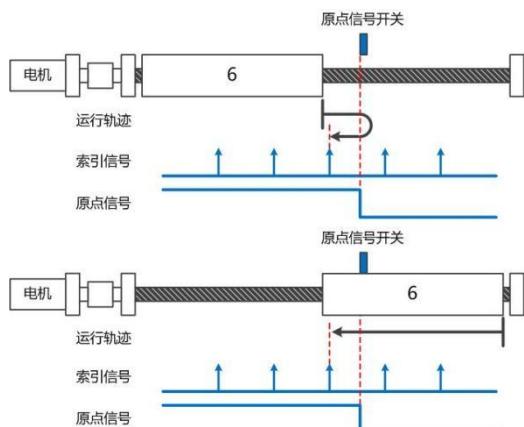
**原点索引信号盲区:**

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。

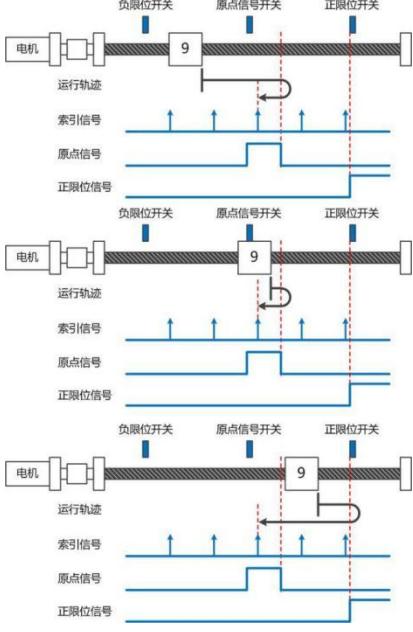
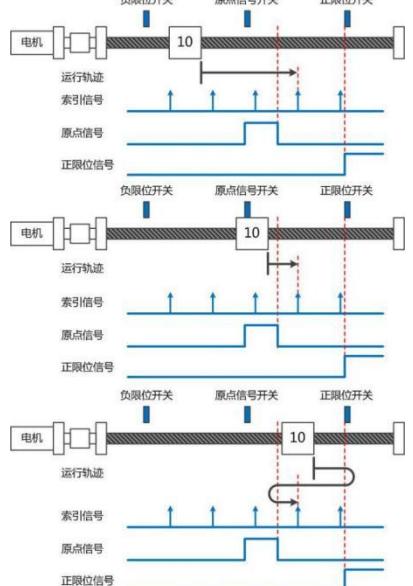
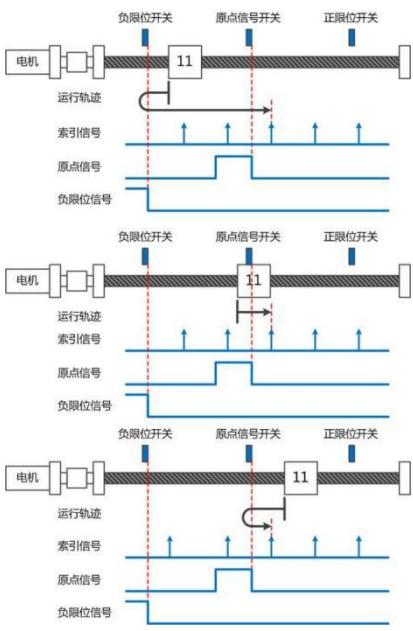
在归位期间，在找到归位信号之后，在该盲窗口内部的索引信号将被忽略。原点索引信号盲区（0: 0 圈，1: 0.25 圈，2: 0.5 圈）默认为 0；如果其被设置为 1，它将根据与原点信号相关的索引信号位置更改 0 或 2。此参数需要保存。如果机械设计在此之后改变，只需将其重新设置为 1。

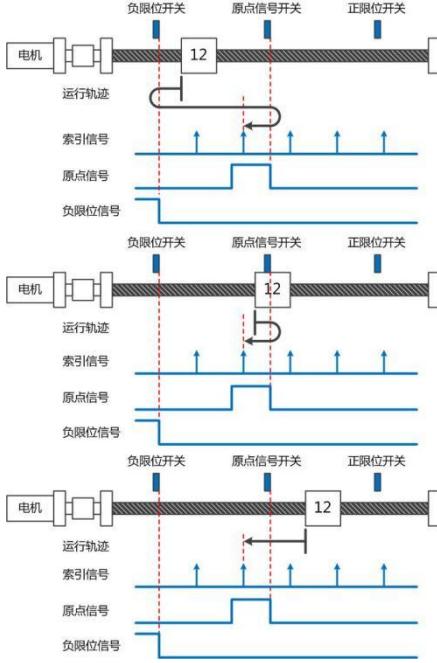
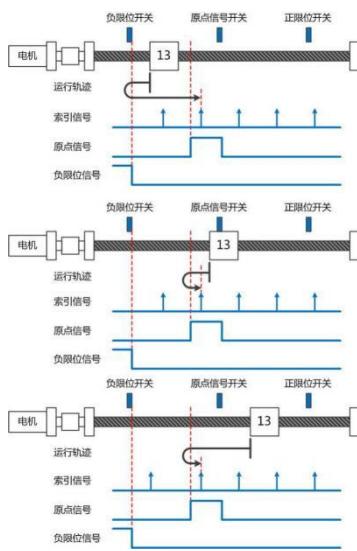
表 5-15 各种原点模式介绍

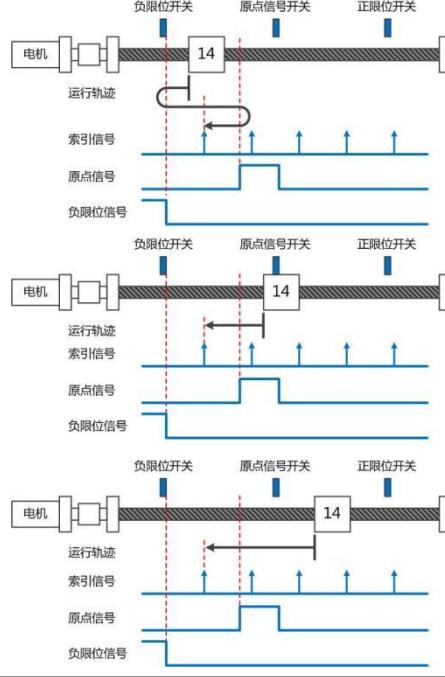
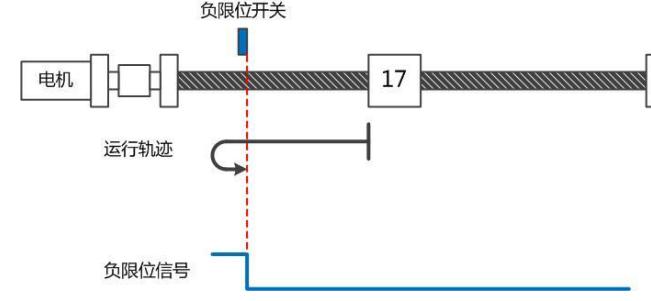
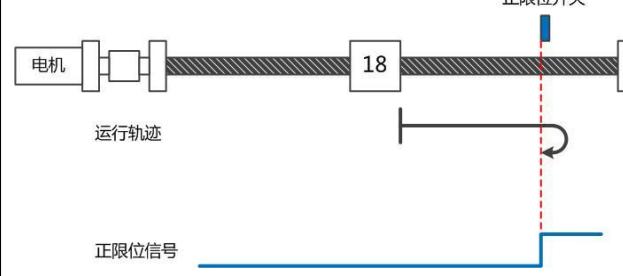
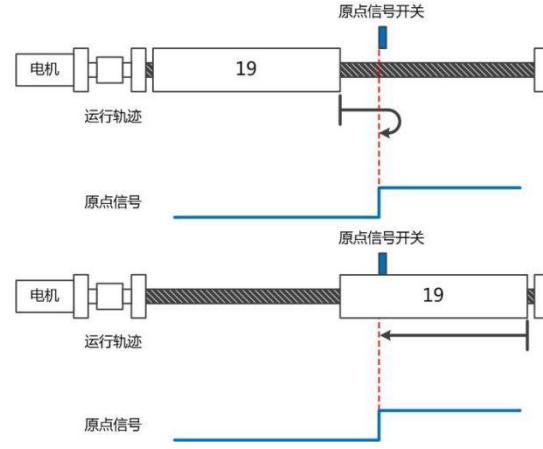
| 原点模式 | 描述                            | 原点模式运动轨迹图 |
|------|-------------------------------|-----------|
| 1    | 以负限位为原点 Z 相脉冲触发信号             |           |
| 2    | 以正限位为原点 Z 相脉冲触发信号             |           |
| 3    | 以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向 |           |

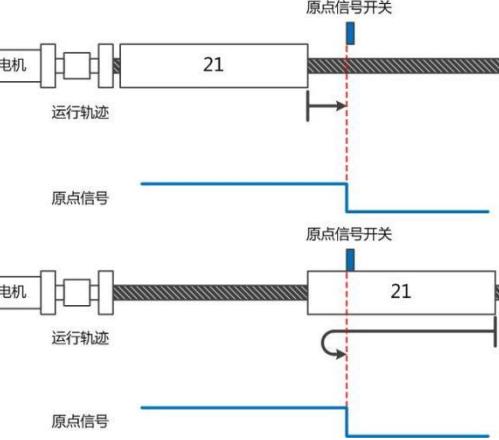
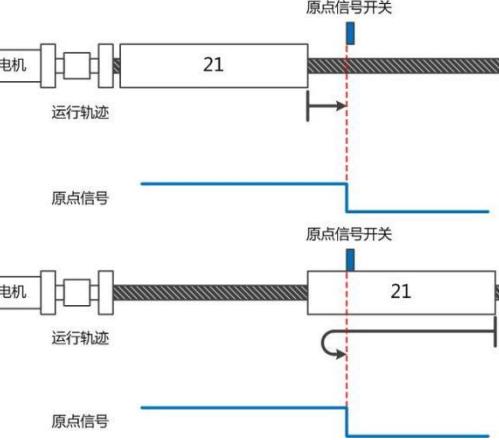
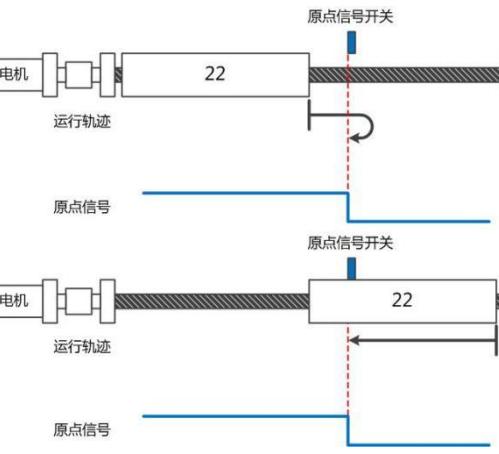
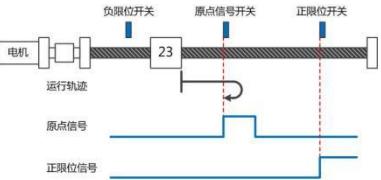
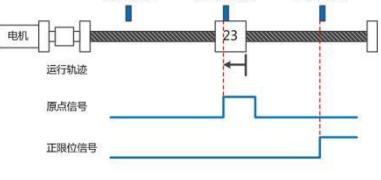
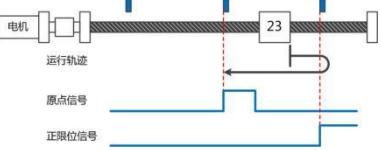
|   |                               |  |
|---|-------------------------------|--|
| 4 | 以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向 |    |
| 5 | 以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向 |   |
| 6 | 以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为负方向 |  |

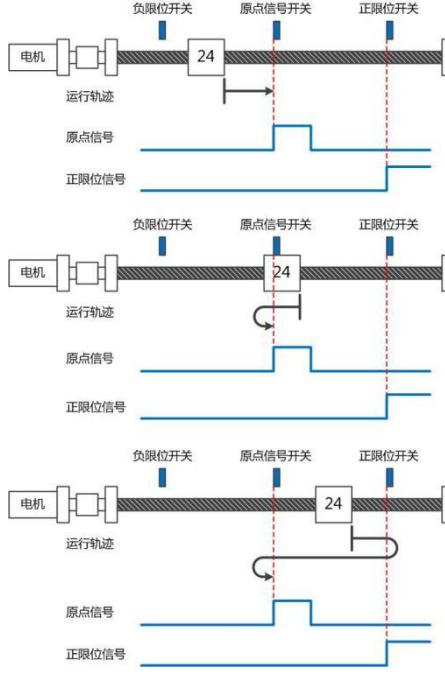
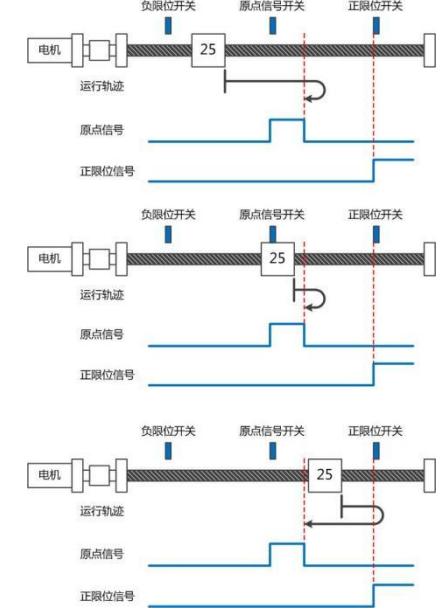
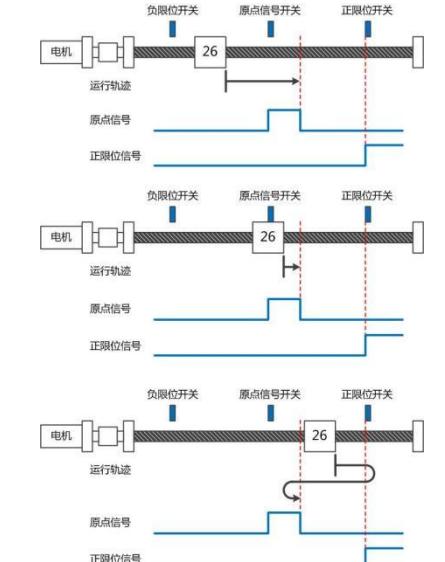
|   |                                    |  |
|---|------------------------------------|--|
| 7 | 带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向 | <p>The first diagram shows the motor running in the positive direction, with the homing switch (7) being triggered by the index signal. The second diagram shows the motor running in the negative direction, with the homing switch (7) being triggered by the index signal. The third diagram shows the motor running in the positive direction again, with the homing switch (7) being triggered by the index signal.</p> |
| 8 | 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>The first diagram shows the motor running in the positive direction, with the homing switch (8) being triggered by the index signal. The second diagram shows the motor running in the negative direction, with the homing switch (8) being triggered by the index signal. The third diagram shows the motor running in the positive direction again, with the homing switch (8) being triggered by the index signal.</p> |

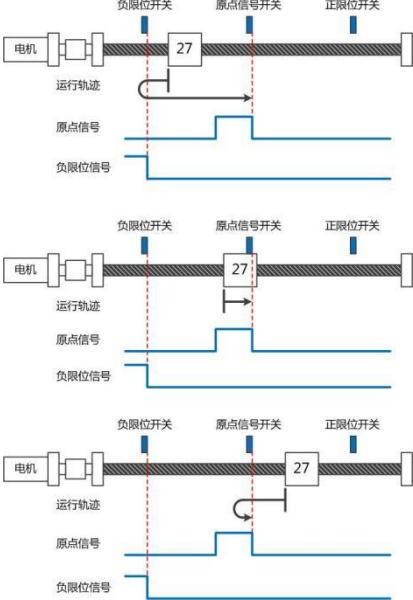
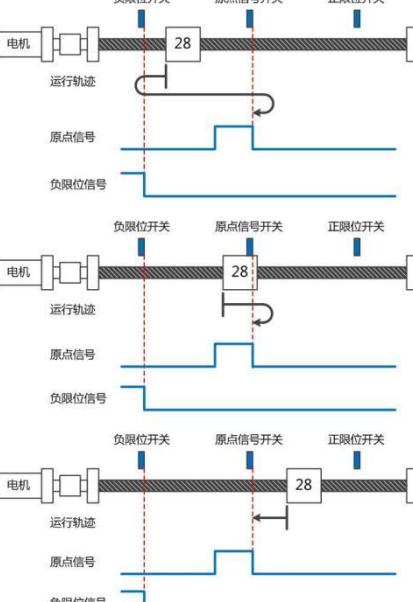
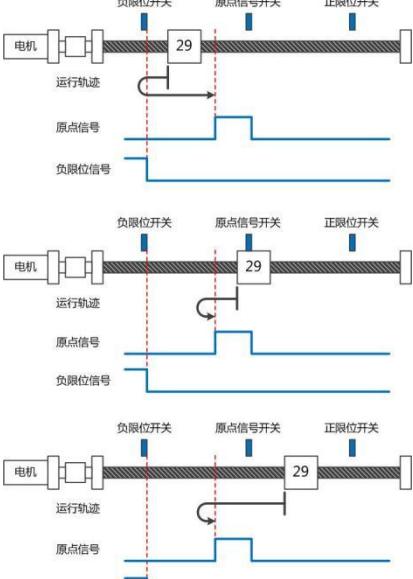
|    |                                    |   |
|----|------------------------------------|---|
| 9  | 带双限位，以原点开关信号为 Z 相脉冲触发信号，初始运动方向为正方向 |  <p>The diagram illustrates three different motor position configurations (9, 10, and 11) for step 9. Each configuration shows a motor connected to three limit switches: a negative limit switch, an origin signal switch, and a positive limit switch. The signals are labeled: '运行轨迹' (Run Trajectory), '索引信号' (Index Signal), '原点信号' (Origin Signal), and '正限位信号' (Positive Limit Signal). The origin signal is triggered by the Z phase pulse.</p>     |
| 10 | 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>The diagram illustrates three different motor position configurations (10, 11, and 12) for step 10. Each configuration shows a motor connected to three limit switches: a negative limit switch, an origin signal switch, and a positive limit switch. The signals are labeled: '运行轨迹' (Run Trajectory), '索引信号' (Index Signal), '原点信号' (Origin Signal), and '正限位信号' (Positive Limit Signal). The origin signal is triggered by the Z phase pulse.</p>  |
| 11 | 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>The diagram illustrates three different motor position configurations (11, 12, and 13) for step 11. Each configuration shows a motor connected to three limit switches: a negative limit switch, an origin signal switch, and a positive limit switch. The signals are labeled: '运行轨迹' (Run Trajectory), '索引信号' (Index Signal), '原点信号' (Origin Signal), and '负限位信号' (Negative Limit Signal). The origin signal is triggered by the Z phase pulse.</p> |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 12 | <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> |    |
| 13 | <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> |  |

|    |                                    |  |
|----|------------------------------------|--|
| 14 | 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 |    |
| 17 | 以负限位为原点信号                          |   |
| 18 | 以正限位为原点信号                          |  |
| 19 | 以外接原点开关为原点触发信号，初始运动方向为正方向          |  |

|    |                                |   |
|----|--------------------------------|---|
| 20 | 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>Diagram illustrating configuration 20. A motor is connected to a track. A limit switch is positioned at position 20. The initial direction of motion is indicated by an arrow pointing to the left. The origin signal is triggered by an external origin switch.</p>   |
| 21 | 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>Diagram illustrating configuration 21. A motor is connected to a track. A limit switch is positioned at position 21. The initial direction of motion is indicated by an arrow pointing to the right. The origin signal is triggered by an external origin switch.</p>  |
| 22 | 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>Diagram illustrating configuration 22. A motor is connected to a track. A limit switch is positioned at position 22. The initial direction of motion is indicated by an arrow pointing to the left. The origin signal is triggered by an external origin switch.</p>  |
| 23 | 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>Diagram illustrating configuration 23. A motor is connected to a track. Three limit switches are positioned: a negative limit switch, an origin switch, and a positive limit switch. The initial direction of motion is indicated by an arrow pointing to the right. The origin signal is triggered by an external origin switch.</p> |

|    |                                |  |
|----|--------------------------------|--|
| 24 | 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>Diagram illustrating three connection methods for limit switches (Negative Limit Switch, Homing Signal Switch, Positive Limit Switch) relative to a 24V power source and a motor. The bottom part shows the resulting logic levels for 'Run Signal' and 'Positive Limit Signal' over time.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Method 1:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 2:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 3:</b> Homing Signal Switch is connected to the Positive Limit Switch. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> </ul>   |
| 25 | 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>Diagram illustrating three connection methods for limit switches (Negative Limit Switch, Homing Signal Switch, Positive Limit Switch) relative to a 25V power source and a motor. The bottom part shows the resulting logic levels for 'Run Signal' and 'Positive Limit Signal' over time.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Method 1:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 2:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 3:</b> Homing Signal Switch is connected to the Positive Limit Switch. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> </ul>  |
| 26 | 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>Diagram illustrating three connection methods for limit switches (Negative Limit Switch, Homing Signal Switch, Positive Limit Switch) relative to a 26V power source and a motor. The bottom part shows the resulting logic levels for 'Run Signal' and 'Positive Limit Signal' over time.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Method 1:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 2:</b> Homing Signal Switch is connected to ground. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> <li><b>Method 3:</b> Homing Signal Switch is connected to the Positive Limit Switch. The 'Run Signal' starts at time 0, and the 'Positive Limit Signal' starts at time 1.</li> </ul> |

|    |                                |  |
|----|--------------------------------|--|
| 27 | 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>Diagram and timing charts for configuration 27. The motor moves in the negative direction until it hits the negative limit switch at address 27, which triggers a pulse. The motor then continues to move until it hits the positive limit switch at address 27, which triggers another pulse. The origin signal is triggered by the external origin switch.</p>   |
| 28 | 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>Diagram and timing charts for configuration 28. The motor moves in the negative direction until it hits the negative limit switch at address 28, which triggers a pulse. The motor then continues to move until it hits the positive limit switch at address 28, which triggers another pulse. The origin signal is triggered by the external origin switch.</p>  |
| 29 | 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>Diagram and timing charts for configuration 29. The motor moves in the negative direction until it hits the negative limit switch at address 29, which triggers a pulse. The motor then continues to move until it hits the positive limit switch at address 29, which triggers another pulse. The origin signal is triggered by the external origin switch.</p> |

|          |                                |  |
|----------|--------------------------------|--|
|          |                                |  |
| 30       | 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 |  |
| 33, 34   | 以电机的下一个Z相脉冲信号为原点               |  |
| 35       | 以电机当前位置为参考原点                   |  |
| -17, -18 | 参考机械末端位置为原点的原点模式               |  |

## 5.6 其他应用控制功能

### 5.6.1 限位功能

为保证电机在机械结构允许的行程范围内运行，可以通过输入限位信号防止电机超程运行。

表 5-16 限位设置说明

| 内部地址    | 位数         | 参数名称    | 含义描述   |
|---------|------------|---------|--|
| 2010.06 | Unsigned16 | DIN4 功能 | 定义数字输入 DIN4 功能。出厂默认值为 0010，表示定义正限位功能                       |
| 2010.07 | Unsigned16 | DIN5 功能 | 定义数字输入 DIN5 功能。出厂默认值为 0020，表示定义负限位功能                       |
| 2010.1B | Integer32  | 正限位位置   | 数字输入信号正限位触发时的实际位置  |
| 2010.1C | Integer32  | 负限位位置   | 数字输入信号负限位触发时的实际位置  |
| 2010.19 | Unsigned8  | 限位功能定义  | 定义出现限位信号后是否报警的功能<br>0：找到原点后出现限位信号，则报警<br>1：找到原点后出现限位信号，不报警 |
| 607D.01 | Integer32  | 软限位正设置  | 软限位正极性数据设置   |
| 607D.02 | Integer32  | 软限位负设置  | 软限位负极性数据设置，负极性数据必须小于正极性数据，否则软限位不工作                         |
| 6085.00 | Unsigned32 | 快速停止减速度 | 限位信号生效后的停止减速度  |

#### (1) 数字输入限位信号

通过在机械中安装传感器，并将外部传感器信号接入驱动器数字输入信号口，当传感器电平发生变化正负限位信号生效，电机停机。出于安全考虑，正/负限位信号为常闭型功能信号，当有效输入为 1(有效输入为绿色)时，限位功能无效。当有效输入为 0(有效输入为灰色)时，表示限位被激活，相应运动方向被禁止。

#### (2) 软限位位置

通过设置软限位的位置防止超程，需要注意软限位位置只有在驱动器找到原点后生效。当实际位置到达设置的软限位位置时，电机停机。

### 5.6.2 电机抱闸控制

FD1X5 和 iSMK 系列使用内部抱闸时，无需外接 24V 电源！

为保证电机断电后不会受到重力或其他外力的影响而转动，垂直轴等负载设备需选用抱闸电机，驱动器出厂默认 OUT5 为抱闸控制接口，详情请看 **5.6.2.1 章节**。

表 5-17 抱闸控制相关对象

| 内部地址    | 位数         | 参数名称    | 含义描述   |
|---------|------------|---------|--|
| 6410.17 | Unsigned8  | 电机附件    | 电机是否具有抱闸附件<br>0：电机不带抱闸<br>1：电机带抱闸，当去使能之前，驱动器需要延时等待一段时间以使抱闸器完全闭合。   |
| 6410.11 | Unsigned16 | 抱闸占空比   | 抱闸信号的占空比，通过改变开关器件的导通时间（脉冲宽度）和开关频率来控制输出电压或电流的大小从而来降低温升；<br>抱闸占空比的可调范围 0~100%，对应平均斩波电压 0~24V。默认为 70%，即抱闸供电电压为 $24 \times 70\% = 16.8V$ |
| 6410.12 | Unsigned16 | 抱闸延时    | 抱闸信号延时时间，默认值 150ms   |
| 605A.00 | Integer16  | 快速停止模式  | 0：不受控停止<br>1：曲线停止<br>2：快速停止减速度停止<br>5：曲线停止，最后停在快速停止状态<br>6：快速减速度停止，最后停在快速停止状态<br>18：使用电机自身电阻进行制动，即使编码器出问题了也可以进行<br>出厂默认为不受控停止模式      |
| 6085.00 | Unsigned32 | 快速停止减速度 | 快速停止模式为 2 时的减速度  |



### 注意

不建议抱闸占空比设置小于 40% 或高于 90%，否则可能出现无法打开抱闸或者抱闸发热等异常。

当控制字写入使能命令后，伺服电机通电锁轴，驱动器首先会输出直流 24V 给抱闸并持续一定时间(抱闸延时)以使抱闸尽快打开，在抱闸延时之后速度命令正式生效后，输出电压会降到 16.8V 给抱闸供电（该值与抱闸占空比相关），以达到节能和减少发热的作用，此时电机开始运转。

当控制字写入去使能命令后，抱闸的控制与设置的快速停止模式有关。

当快速停止模式为 0(不受控停止)，去使能时驱动器将自动切换为立即速度模式(-3)并在内部设置目标速度为 0 使得电机尽快停下来，在不受控停止模式中驱动器变化目标速度后会马上切断供给抱闸的供电，抱闸电源切断且持续一定时间(抱闸延时)后，驱动器真正进入去使能状态，电机断电松轴。

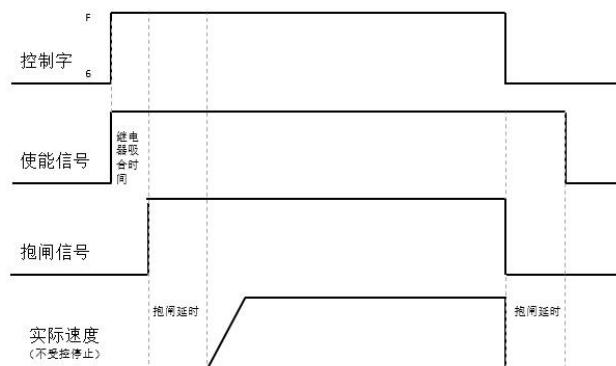


图 5-6 快速停止模式为 0 时电机抱闸时序

当快速停止模式为 2(快速停止减速度停机), 去使能时驱动器自动切换为速度模式(3)并以快速停止减速度 (60850020) 减速停机, 只有驱动器判断有效目标速度为零速度状态后, 驱动器才会切断 24V 抱闸电源, 抱闸电源切断且持续一定时间(抱闸延时)后, 驱动器真正进入去使能状态, 电机断电松轴。

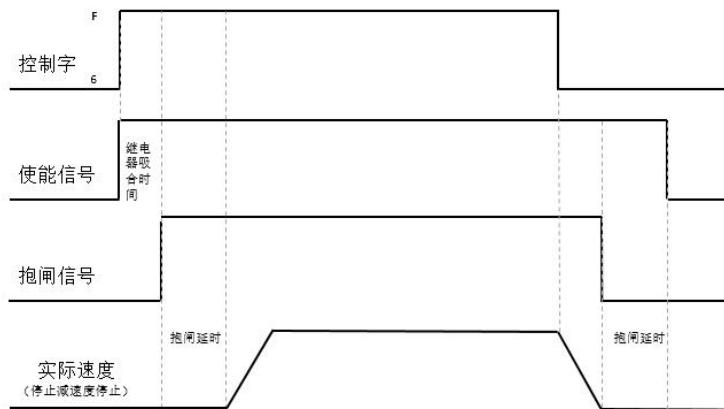


图 5-7 快速停止模式为 2 时电机抱闸时序



### 注意

电机附件设置为 1 后去使能可能出现负载跌落的现象, 可适当加大抱闸延时。如调整抱闸延时无法改善问题, 需检查抱闸扭矩是否满足负载需求。

#### 5.6.2.1 电机制动信号功能介绍

OUT5 为电机刹车控制输出信号, 该信号可用于控制内部抱闸。如果使用抱闸电机, 该功能必须设置, 否则将会损害电机。有效输出为绿色状态表示打开抱闸, 有效输出为灰色状态表示抱闸吸合。

抱闸还可以手动控制, 将 OUT5 的“电机制动”去掉后, 点击仿真按钮, 有效输出变为绿色状态, 表示打开抱闸, 再点击一下仿真按钮, 有效输出变为灰色状态, 表示抱闸吸合。该功能仅限调试时使用!



### 5.6.3 停止模式控制

电机有以下几种停止方式可以选择：

0，不受控停止；电机将直接断电松轴，不做任何控制，靠摩擦力自然停止，停机完成后电机松轴。不受控停止模式减速时间较长，但对机械冲击小。

1，曲线停止；按照梯形减速度（60840020）曲线停止，停机完成后电机松轴。

2，快速停止减速度停止；按照快速停止减速度（60850020）停止，停机完成后电机松轴。

18，短路制动停止模式，使用电机自身电阻进行停机，停机完成后电机保持锁轴，停在快速停止状态，控制字下发 0x06 退出快速停止状态后才可以使能。在出现编码器故障时候也可以快速完成停机的一种停止模式。

5，按照梯形减速度（60840020）停止，停机完成后电机保持锁轴，停在快速停止状态，控制字下发 0x06 退出快速停止状态后才可以使能。

6，按照快速停止减速度（60850020）停止，停机完成后电机保持锁轴，停在快速停止状态，控制字下发 0x06 退出快速停止状态后才可以使能。

表 5-18 停止控制相关对象

| 内部地址    | 位数        | 参数名称   | 含义描述  |
|---------|-----------|--------|---|
| 605A.00 | Integer16 | 快速停止模式 | 快速停止模式<br>控制字里面的 bit2 设为 0 时的停止模式<br>例如：控制字由 0x0F 切换到 0x0B<br>0：不受控停止<br>1：曲线停止<br>2：快速停止减速度停止<br>5：曲线停止，最后停在快速停止状态<br>6：快速减速度停止，最后停在快速停止状态<br>18：使用电机自身电阻进行制动，即使编码器出问题了也可以进行 |
| 605B.00 | Integer16 | 关机停止模式 | 关机停止模式<br>控制字切换为 0x06，电机从锁轴切换到松轴状态时时的停止模式<br>0：不受控停止<br>1：曲线停止<br>2：快速停止减速度停止<br>18：使用电机自身电阻进行制动，即使编码器出问题了也可以进行   |
| 605C.00 | Integer16 | 禁止停止模式 | 禁止停止模式<br>控制字里面的 bit3 设为 0 时的停止模式<br>例如：控制字由 0x0F 切换到 0x07<br>0：不受控停止<br>1：曲线停止<br>2：快速停止减速度停止<br>18：使用电机自身电阻进行制动，即使编码器出问题了也可以进行  |

|         |            |          |   |
|---------|------------|----------|---|
| 605D.00 | Integer16  | 暂停模式     | 暂停模式<br>控制字里面的 bit8 设为 1 时的暂停模式<br>例如：控制字由 0x0F 切换到 0x10F<br>1：当前减速速度减速停止<br>2：急停减速速度减速停止                                     |
| 605E.00 | Integer16  | 报错停止模式   | 错误急停模式<br>在电机锁轴状态下报警后将激活错误停止模式。<br>0：立即停止<br>1：减速停止<br>2：使用急停减速速度停止<br>18：使用电机自身电阻进行制动，即使编码器出问题了也可以进行                         |
| 6084.00 | Unsigned32 | 梯形减速速度   | 曲线停止减速速度  |
| 6085.00 | Unsigned32 | 快速停止减速速度 | 急停减速速度  |
| 2340.01 | Unsigned8  | 步进停止模式   | 步进模式停止使能<br>仅在位置控制下生效，当位置到信号输出后电机使用步进的方式进行锁轴(即驱动器给电机通直流电，让电机保持锁轴状态)，锁轴电流通过步进停止电流(2340.02)设置。<br>0：不使用步进模式停止使能<br>1：使用步进模式停止使能 |
| 2340.02 | Integer16  | 步进停止电流   | 步进停止模式开启后的停止电流  |

## 5.6.4 绝对值系统使用说明

### 5.6.4.1 多圈电机上电配置

绝对值编码器电机在首次接上驱动器使用时，驱动器会出现 000.4 编码器 UVW 故障或通讯故障报警，通过复位编码器的状态标记可以清除该编码器报警。

表 5-19 绝对值编码器相关参数

| 内部地址    | 位数        | 参数名称      | 含义描述  | 默认值 |
|---------|-----------|-----------|---|-----|
| 2690.00 | Unsigned8 | 通讯编码器数据复位 | 通讯式编码器命令<br>写：<br>1:清除编码器状态<br>2:读故障字，故障状态可在 0x30510110 查看<br>3:清除编码器状态以及多圈数据<br>8 复位编码器的状态标记<br>9 清除多圈数据<br>10 复位编码器状态标记以及清除多圈数据操作<br>12 清除单圈数据（需输入厂家密码）<br>读：<br>bit 0: 1 = 可输入命令<br>bit 1: 1 = 上一命令执行完成<br>注：清除单圈数据会导致电机相位出错，电机可正常运转时禁止清除单圈数据！ | 1   |

|         |            |         |  |   |
|---------|------------|---------|--|---|
| 2680.00 | Unsigned16 | 警告状态字   | 编码器报警状态字<br>bit 0: 电池报警<br>bit 1: 混合报警 (过速、过温)<br>bit 2: 编码器忙 (上电时电机速度过高)  | 0 |
| 2340.0E | Unsigned8  | 编码器多圈禁止 | 0: 默认<br>1: 将多圈编码器当成单圈编码器使用  | 0 |
| 3051.01 | Unsigned16 | 编码器警告信息 | 帮助:编码器警告信息<br>Nikon 编码器内部错误.<br>Bit0: BATT<br>Bit1: MTERR<br>Bit2: 0<br>Bit3: OVSPD<br>Bit4: MEMERR<br>Bit5: STERR<br>Bit6: PSERR<br>Bit7: BUSY<br>Bit8: MEMBUSY<br>Bit9: OVTEMP | 0 |



### 注意

- 设置通讯编码器数据复位后驱动器报警不会直接清除，还需通过控制字或重启驱动器清除驱动器报警。
- 清除多圈故障后如果断开编码器线与电机端的连接，会造成驱动器再次出现 000.4 故障，表示多圈数据丢失，需要重新复位编码器状态。
- 通讯编码器数据复位写入 9/10 后，实际位置单圈数据不会被清除，如需将实际位置清零，需要使用 35 原点模式回原点。

#### 5.6.4.2 多圈数据范围

例如 YAK/YBK 绝对值编码器电机单圈分辨率 8388608(23bit)，多圈圈数 65536，正向多圈数据溢出后实际位置数值由 2147483647 变为 -2147483648，负向多圈数据溢出后实际位置数值由 -2147483648 变为 2147483647，溢出后电机旋转方向不变。

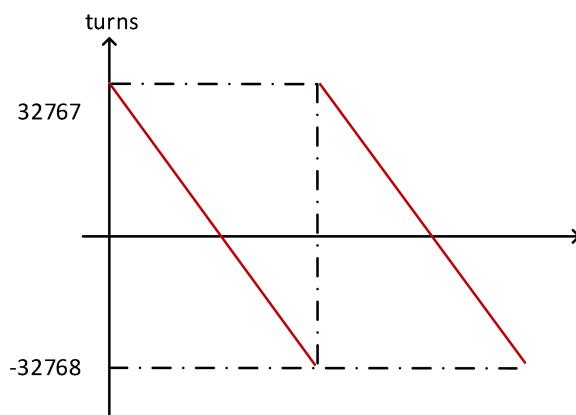


图 5-8 多圈数据范围

### 5.6.4.3 多圈禁止

将编码器多圈禁止(0x23400E)设置为 1，绝对值编码器可以不需要连接电池，当增量编码器来使用。但需要注意开启多圈禁止后，编码器掉电后位置无法保存。

### 5.6.4.4 电池使用说明

当电池电压低于 3.1V 时，驱动器出现警告状态字 0001，但此时驱动器不会报警停机。在驱动器保持正常通电且编码器线连接良好的条件下，更换电池不会造成多圈数据丢失。

当电池电压低于 2.5V 时，驱动器出现编码器 UVW 故障或内部故障(故障代码 000.4)，此时电机停止运转，多圈数据丢失，需要更换电池后重新初始化配置绝对值编码器。



#### 注意

- 电池必须在限定温度范围内使用，远离高温高湿环境，无粉尘无易燃易爆物质。
- 运输以及装配过程中注意避免冲击以及挤压电池，以免造成电池损坏。
- 长时间放置的电池线在使用前请检查电池是否有胀壳等现象。
- 禁止短接电池正负极，否则可能引起电池爆裂。
- 电池为一次性用品，请勿将电池充电。
- 电池请按当地法规进行废弃。

表 5-20 电池规格

|          |             |
|----------|-------------|
| 电池名称     | 亚硫酰氯锂电池     |
| 标准电压     | 3.6V        |
| 标准容量     | 2700mH      |
| 最大持续放电电流 | 60mA        |
| 最大脉冲能力   | 150mA       |
| 重量       | 19g         |
| 工作温度     | -55°C~85°C  |
| 存储温度     | -55°C~115°C |

### 5.6.5 电机配置使用说明

FD1X5 默认使用多摩川编码器，需要配置电机时，可通过以下方式配置电机参数

关联参数：

| 内部地址    | 位数         | 参数名称    | 含义描述  |
|---------|------------|---------|---|
| 3041.06 | Unsigned8  | 使用内部电机库 | 1: 用户手动输入电机型号，使用驱动器中的电机库对应的电机参数<br>2: 读取并使用编码器中的保存的电机参数 |
| 6410.01 | Unsigned16 | 电机型号    | Motor code (一般为电机铭牌上 S/N 码前两位)                          |



#### 注意

iSMK 系列驱动器为一体式驱动器，出厂以配置好电机参数，无需更改

### 方式一：

使用手动输入电机型号，配置电机参数

- 步骤 1. 按照编码器定义，正确连接电机的编码器线
- 步骤 2. 将“内部电机库”设置为 1
- 步骤 3. 将“电机型号”设置为电机铭牌上相对应的“Motor code”或者打开相对应的电机图纸找到对应的“Motor code”
- 步骤 4. 存储电机参数并重启
- 步骤 5. 重启后，初始化控制参数，再存储控制参数，再次重启

### 方式二：

设置内部电机库来读取电机参数配置，并可以根据读取到的电机参数自动生成对应的控制参数，即电流/速度/位置环参数，无需再手动初始化控制参数

- 步骤 1. 按照编码器定义，正确连接电机的编码器线
- 步骤 2. 将“内部电机库”设置为 2
- 步骤 3. 将“电机型号”设置为 00
- 步骤 4. 存储电机参数并重启

### 方式三：

按照电机图纸，手动配置电机参数，目前 FD1X5 驱动器仅支持多摩川通讯式编码器

- 步骤 1. 按照编码器定义，正确连接电机的编码器线
- 步骤 2. 将“内部电机库”设置为 1
- 步骤 3. 将“电机型号”设置为 VX (多摩川编码器)
- 步骤 4. 将“反馈类型”设置为 04
- 步骤 5. 将“反馈精度”设置为电机编码器反馈精度：
  - 增量式：编码器的线数×4
  - 通讯式：单圈分辨率低于 16 位设置为实际的编码器分辨率；单圈分辨率高于 16 位一般设置为 65536，防止位置溢出。
- 步骤 6. “反馈周期”设置说明：
  - 增量式：电机转一圈的脉冲数
  - 通讯式：定义编码器类型，例如：多摩川编码器的多圈 16 位，单圈 17 位，反馈周期设置为 0x1617
- 步骤 7. “励磁模式”设置说明：
  - 励磁模式 0：使用电流找励磁
  - 励磁模式 1：使用厂家定义好的数据找励磁
  - 励磁模式 10：微抖动找励磁，判断运行方向
  - 励磁模式 9：使用自定义励磁的方式找励磁
- “励磁电流”设置比额定电流小，一般为电机额定电流的 0.75 倍
- 步骤 8. “电机 Ilt 电流”设置一般为电机额定电流
- 步骤 9. 其他电机参数去按照图纸进行配置
- 步骤 10. 存储电机参数并重启
- 步骤 11. 重启后，初始化控制参数，存储控制参数并重启

### 配置中常见问题：

| 常见问题                 | 解决方法                                   |
|----------------------|--|
| 电机型号无法输入，或者输入不正确     | 此驱动器暂不支持手动输入此电机型号，请尝试使用方式三进行手动配置       |
| 使用电机库 2，重启后无法读取到电机型号 | 尝试使用方式 1，手动输入电机型号进行配置或者使用方式三进行手动配置电机参数 |
| 配置完电机参数仍报警编码器故障      | 请检查电机配置参数是否有误，正确连接电机的编码器接线             |
| 配置完电机参数后，重启单独报警 0004 | 此为多圈电机初次上电时报警，通过复位编码器的状态标记可以清除该编码器报警   |

## 第 6 章 性能调节

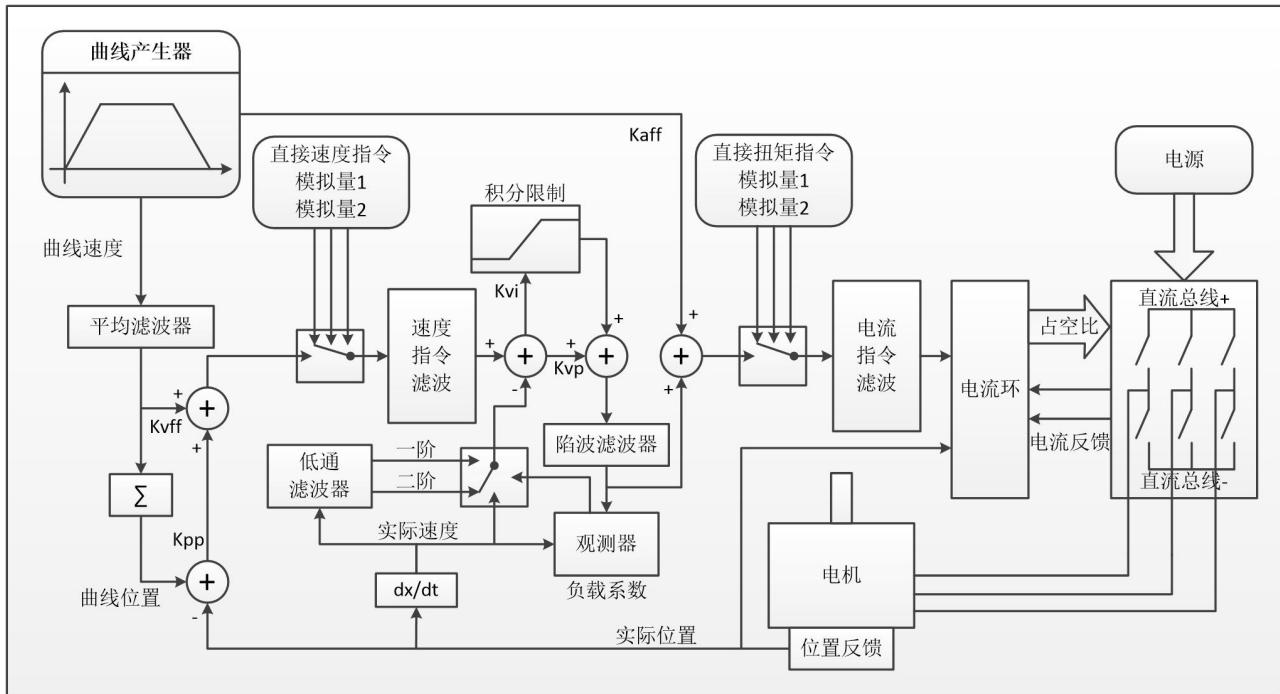


图 6-1 伺服系统控制结构框图

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。

### 提醒

- 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 在线自整定

伺服驱动器的在线自整定功能无需脱离控制器程序，在设备运动过程中一键开启，通过自动计算负载惯量并自动将增益调整至适应负载状态。

表 6-1 在线自整定功能相关参数

| 对象索引     | 参数名称    | 含义描述   | 默认值 | 设定范围 | R:可读<br>W:可写<br>S:可保存 |
|----------|---------|--|-----|------|-----------------------|
| 0x234010 | 在线自整定控制 | 由以下 Bit 组成的 BCD 码决定自整定方式：<br>Bit0: 开启在线自整定<br>Bit1: 在线自整定结束后自动调整 kvp<br>Bit2: 在线自整定结束后自动调整加速度前馈<br>Bit4: 正向运行时不进行自整定<br>Bit5: 反向运行时不进行自整定<br>Bit7: 使用摩擦力计算负载 | 12  | 0-31 | RWS                   |

## 6.2 手动调整

### 6.2.1 速度环整定方法

表 6-2 速度环参数列表

| 内部地址   | 参数名称       | 含义描述  | 默认值 | 范围       |
|--------|------------|---|-----|----------|
| 60F901 | 速度环比例增益[0] | 用于设定速度环的响应速度  | /   | 1-32767  |
| 2FF00A | 速度环带宽      | 改变此参数实际是基于惯量比改变“速度环比例增益 0”  | /   | 1-700    |
| 60F902 | 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   |
| 60F907 | 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  |
| 2FF019 | 速度环积分增益    | 读这个参数实际读的是 0x60F902 乘以 32 加上 0x60F907 后的值<br>写这个参数会将 0x60F902 写为 0，写入的值赋予 0x60F907  | /   | 0-16384  |
| 60F905 | 速度反馈滤波     | 速度环的速度反馈滤波<br>滤波带宽=速度反馈滤波*20+100[Hz]  | 7   | 0-45     |
| 60F906 | 速度反馈模式     | 设置速度反馈模式：<br>0:二阶低通反馈滤波<br>1:无反馈滤波<br>2:观测器反馈<br>4:一阶低通反馈滤波<br>10:二阶低通+速度指令滤波<br>11:速度指令滤波<br>12:速度指令滤波+观测器<br>14:一阶低通+速度指令滤波<br>Bit7:<br>1: 使用 8K 的速度环采样频率以及 2K 的位置环采样频率(适用于 23 位编码器)<br>0: 使用 4K 的速度环采样频率以及 1K 的位置环采样频率 | 0   | /        |
| 60F915 | 输出滤波器设置    | 位于电流环前向通道的一阶低通滤波器，过滤电流指令  | 1   | 100-1370 |
| 60F908 | 速度环积分限制    | 速度环积分输出限制   | /   | 0-2^15   |

## 速度环调整步骤如下：

### 第一步：速度环比例增益调整

加大速度环比例增益( $K_{vp}$ )可以使速度环带宽增加，速度响应能力变快。要计算速度环增益，请参考以下公式：

$$k_{vp} = \frac{1.853358080 \times 10^5 \times J \times \pi^2 \times B}{I_{Max} \times K_t \times Encoder}$$

$K_t$  电机转矩常数，单位 N.m/Arms\*100

$J$  系统转动惯量，单位 kg\*m^2\*10^6

$B$  速度环带宽，单位 Hz

$I_{Max}$  最大电流(6510.03)，单位 DEC

Encoder 编码器分辨率

由于立即速度模式(-3 模式)无加减速速度，不参与位置环调控，在调整速度环参数时可以采用-3 模式以及自动翻转模式运行电机，在往复运动中，通过采集速度阶跃曲线来监控伺服的响应能力。

当速度环比例增益太小容易导致速度环和位置环带宽不匹配从而发生震荡。当速度环比例增益太大时会导致速度超调从而导致速度环发生震荡。在一些刚性连接负载中(如滚珠丝杠，齿轮齿条等)，速度环比例增益应尽可能的大，通过比较不同增益下的示波图，找到最优的曲线——实际速度曲线应紧随目标指令且没有出现速度震荡。

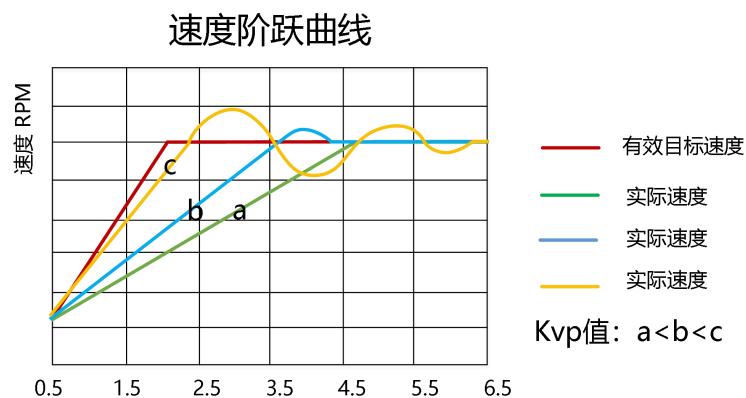


图 6-2 速度环比例增益调节后的速度阶跃曲线



### 提醒

- 阶跃曲线：呈现上升/下降变化的曲线。
- 可以通过手触摸和耳朵听去感受电机或机械的震荡和噪音。

## 第二步：速度环积分增益调节

速度环积分增益( $K_{vi}$ )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干扰响应，从而提高低频抗扰动能力。

当速度环积分增益过小时容易导致积分时间较长，跟随误差调整较慢，系统进入稳态的时间变长。当速度环积分增益太大时会导致误差超调，严重时还可能造成电机震荡。速度环积分增益应调节至伺服尽快消除误差进入稳定状态。

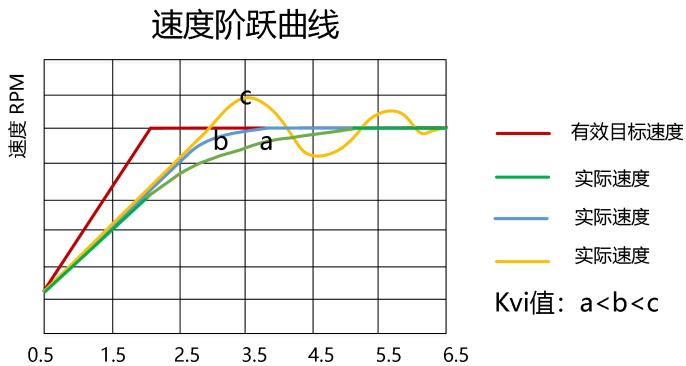


图 6-3 积分增益调节后的速度阶跃曲线

通常，如果机器具有较大的摩擦力，则积分增益应设置得更大。如果整个系统需要快速响应，则积分应设置尽可能的小或甚至为 0，如需在运行过程中动态关闭积分，可以使用 Din 功能中的  $K_{vi}$  关闭。



### 提醒

- 速度环积分增益 32=速度环积分增益[0]的 1/32，在高分辨率编码器中，直接在速度环积分增益[0]中加大数据容易导致超调，此时可以将速度环积分增益[0]的数据减小，在速度环积分增益 32 中进行微调。
- 通常来说，比例增益和积分增益的参数大小是相对的，当比例增益数据调节后比出厂值要大得多，积分增益也应在出厂值基础上适当增加。

## 第三步：速度环积分限制调节

速度环积分限制是执行积分调节时的最大电流限制。通常默认值能满足绝大部分应用，如果应用系统具有较大的阻力或加速度太大从而导致实际电流已经达到积分限制的电流，且实际速度远不及目标速度时，则应加大该参数的数值。如果输出电流容易饱和，但饱和输出电流将引起一些低频振荡，则应减小此参数。

速度环积分限制应该在满足应用的基础上尽可能的小，积分限制越小，积分调节时间越短。

## 第四步：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 Speed\_Mode 转换为一阶和二阶。

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，如果机器和负载采用柔性连接，建议选择使用一阶低通反馈滤波或者关闭反馈滤波器。如果机器和负载采用刚性连接或者负载较重，我们可以选择二阶低通反馈滤波。出厂默认为二阶低通反馈滤波，适用于大部分应用场合。

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反馈滤波参数(60F9.05)。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。速度反馈滤波带宽 F = 速度反馈滤波 \*  $20 + 100$  [Hz]。

#### 第五步：输出滤波器调节

输出滤波器是一阶低通扭矩滤波器。它可以降低速度控制回路输出的高频扭矩指令，从而达到抑止整个系统共振的目的。

当输出滤波器设置为 2546Hz(1DEC)时表示关闭输出滤波器控制。在系统出现共振时，用户可以尝试将输出滤波器设置的 DEC 值从小调整到大，以减少噪声。

输出滤波器频率可以通过以下公式计算：

$$f = \frac{1}{2 \times \pi \times Ts \times Output\_Filter\_N}$$

Output\_Filter\_N    输出滤波器设置(60F9.15)，单位 DEC

Ts    常数 62.5us



#### 提醒

- 输出滤波器设置的 DEC 值越大，滤波效果越强。
- 输出滤波器设置 [Hz] = 2546 / [DEC]
- 输出滤波器设置 [DEC] = 2546 / [Hz]

#### 第六步：陷波滤波器调节

陷波滤波器可以通过减小机械共振附近的增益来抑制谐振频率。

如果谐振频率未知，可以将负载调节至系统运行在谐振区域，在示波器监控谐振时的实际电流，然后调节陷波滤波器观察谐振是否消失。

当在软件示波器上采集到共振时的电流数据时，可以通过光标测出相邻谐波的周期值从而计算谐振频率。可收集多组谐波周期算出周期的平均值后，使用周期的平均值计算谐振频率。

表 6-3 陷波滤波器参数列表

| 内部地址   | 参数名称    | 含义描述  | 默认值 | 范围       |
|--------|---------|---|-----|----------|
| 60F903 | 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。   | 550 | 100-2000 |
| 250B01 | 陷波滤波器 1 |   |     |          |
| 250B02 | 陷波滤波器 2 |   |     |          |
| 250B03 | 陷波滤波器 3 |   |     |          |
| 60F904 | 陷波滤波器控制 | 速度环的陷波滤波器控制<br>Bit0~1：两个 bit 位组成的 BCD 码决定开启的滤波器。<br>Bit4：1 表示使用实际电流进行 fft 分析，0 表示使用目标电流进行分析<br>Bit5：1 表示使用实际速度进行 fft 分析，0 表示不使用实际速度进行 fft 分析<br>Bit.7：1 表示开启 FFT 功能，分析完成后自动变为 0，只能使能状态下开启，开启后将自动采样共振频率，设置陷波滤波器 0 和陷波滤波器 1 | 0   | 0-255    |

### (1) 单点陷波滤波器

陷波滤波器控制(60F9.04)设置为 0 时，表示关闭陷波滤波器控制，设置为 1 时，表示开启单个陷波滤波器，滤波器的频率通过陷波滤波器 60F9.03)设置。

表 6-4 单点陷波滤波器调试案例

| 说明  | 调试过程                                       |
|---|--|
| 限制驱动器输出电流   | 通过伺服软件的基本操作界面调节目标电流限制                      |
| 使用示波器采集共振区的电流波形，注意用示波器采集电流时，采样周期应设置尽可能小，否则可能无法采集到谐振波形 |  |
| 通过示波器观察谐振频率，根据频率计算陷波滤波器设置值                            | 图中谐振频率为 200Hz，将陷波滤波器控制设置为 1，陷波滤波器设置为 200Hz |
| 加陷波滤波器后再次采集实际电流波形，调节至电流波形平滑无谐振即可                      |  |



#### 注意

- 在调试过程中为防止共振幅度大导致机器损坏，可将目标电流限制的值调小后再调整陷波滤波器。
- 陷波滤波器自动整定过程中，示波器功能将无法使用。整定成功后，示波器自动切换采集对象，点击重读数据即可显示 FFT 结果幅度。

## (2)FFT 多点陷波滤波器

采集高阶多点陷波滤波器技术，自动测量负载的机械共振频率，并将整定结果写入滤波器 0 及滤波器 1。FD1x5 和 iSMK 系列驱动器共开放 4 个陷波滤波器，滤波器 0 及滤波器 1 为自动调节的陷波滤波器，滤波器 2 及滤波器 3 为手动调节的陷波滤波器，通过陷波滤波器控制可开启/关闭相应滤波器。

陷波滤波器控制(60F9.04)设置为 128DEC 时，表示使用进行 FFT 分析。当 FFT 整定成功后，陷波滤波器控制 bit7 复位，bit0 和 bit1 组合的 BCD 码决定开启的滤波器，驱动器自动填写陷波滤波器数据。

### 6.2.2 位置环整定方法

表 6-5 位置环参数列表

| 内部地址   | 参数名称       | 含义描述   | 默认值   | 范围       |
|--------|------------|--|-------|----------|
| 60FB01 | 位置环比例增益[0] | 设定位置环响应带宽，单位：0.01Hz                                    | 10    | 0 ~ 327  |
| 2FF01A | 速度前馈千分比    | 0 表示没有前馈，1000 表示 100% 前馈                               | 1000  | 0 ~ 4000 |
| 2FF01B | 加速度前馈千分比   | 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) | /     | 0~4000   |
| 60FB05 | 平滑滤波       | N 个有效目标速度的平均值  | 1     | 1~255    |
| 2FF00E | 最大跟随误差 16  | 最大跟随误差(6065.00)=100*最大跟随误差 16                          | 10000 | /        |
| 60FB04 | 位置环指令滤波器控制 | 设置值<br>1：使用梯形曲线模式<br>3：使用 S 曲线模式                       | 1     | 1 或 3    |

#### 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，但设置过大可能导致噪声甚至振荡，必须根据负载条件进行设置。 $K_{pp} = 103 * \text{位置环带宽}$ 。位置环带宽不能超过速度环带宽，建议位置环带宽设定值小于速度环带宽的四分之一。

##### 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，提高整个系统的动态响应特性，但可能导致加减速时产生更大的过冲。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，当速度前馈设置为 0 时，只使用位置环比例增益让伺服定位，到位时间会更长。

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，因此设置值需要匹配位置环和速度环带宽。

柔性负载(如皮带轮等)的弹力因素会导致加载到速度环的速度前馈指令不平滑从而引起负载震荡，在这类负载中可以适当的减小位置环速度前馈。在刚性负载中，调整位置环比例增益如果无法消除电机在加减速时产生的震动，也可以尝试将默认的 100% 前馈逐步往下减小。

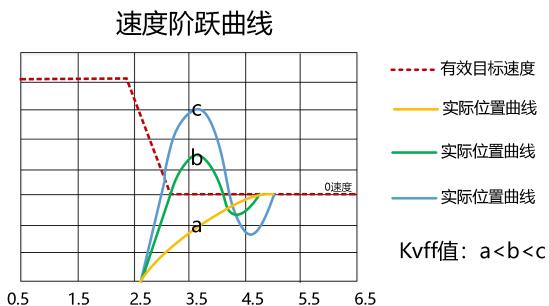


图 6-4 位置环比例增益调节后的速度阶跃曲线

### 第三步：位置环加速度前馈调节

不建议用户调整此参数。当实际应用需要非常高的位置环响应时，可以适当地调整加速度前馈 K\_Acc\_FF 以改善响应性能。

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，则会发生过冲与振荡。

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：

$$\text{ACC\_ \%} = 6746518 / \text{K\_ Acc\_ FF} / \text{Easy\_ Kload} * 100$$

ACC\\_ % 这意味着将使用多少百分比用于加速度前馈。

K\_Acc\_FF 位置环加速度前馈(60FB.03)，计算前馈的最终内部因子。



#### 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。使用此滤波会导致速度命令和位置命令在驱动程序中延迟。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。平滑滤波(60FB.05)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，建议加大平滑滤波设置。

### 第五步：其他调节

在位置模式(工作模式 1)下，可将位置环指令滤波器控制(60FB.04)设置为 3 开启 S 曲线控制，该曲线无指令延时，适用于长距离定位控制。当梯形速度曲线的速度阶跃较大时，对机械设备会造成一定的冲击，S 型曲线柔性较好，加减速度平滑，可以有效克服因为速度突变引起的机械震动。

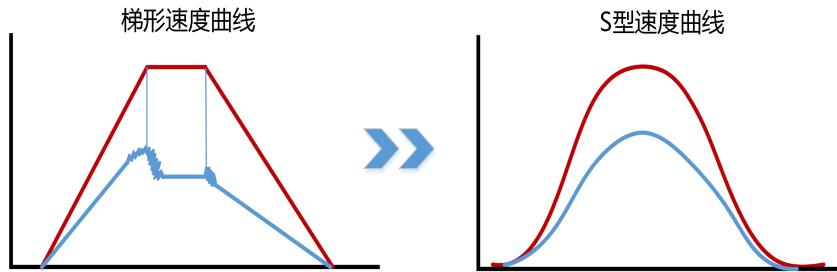


图 6-5 S 型速度阶跃曲线

**注意**

S 曲线仅在位置模式(工作模式 1)下有效。

### 6.3 增益切换 (专家模式)

**该功能只用于高端应用！**

驱动器支持 4 组 PI 增益设置。每组包括速度环比例增益(Kvp)，速度环积分增益(Kvi)，位置环比例增益(kpp)。实际使用的 PI 参数为速度环比例增益[x]，速度环积分增益[x]，位置环比例增益[x]， $x = \text{PI} \text{ 指针的数据}$ 。

表 6-6 增益切换参数

| 内部地址    | 类型         | 名称         | 说明   | 单位      |
|---------|------------|------------|--|---------|
| 60F9.01 | Unsigned16 | 速度环比例增益[0] | PI 指针为 0 时调用的增益参数  | Dec, Hz |
| 60F9.02 | Unsigned16 | 速度环积分增益[0] |  | Dec     |
| 60FB.01 | Integer16  | 位置环比例增益[0] |  | Dec. Hz |
| 2340.04 | Unsigned16 | 速度环比例增益[1] | PI 指针为 1 时调用的增益参数  | Dec, Hz |
| 2340.05 | Unsigned16 | 速度环积分增益[1] |  | Dec     |
| 2340.06 | Unsigned16 | 位置环比例增益[1] |  | Dec. Hz |
| 2340.07 | Unsigned16 | 速度环比例增益[2] | PI 指针为 2 时调用的增益参数  | Dec, Hz |
| 2340.08 | Unsigned16 | 速度环积分增益[2] |  | Dec     |
| 2340.09 | Unsigned16 | 位置环比例增益[2] |  | Dec. Hz |
| 2340.0A | Unsigned16 | 速度环比例增益[3] | PI 指针为 3 时调用的增益参数  | Dec, Hz |
| 2340.0B | Unsigned16 | 速度环积分增益[3] |  | Dec     |
| 2340.0C | Unsigned16 | 位置环比例增益[3] |  | Dec. Hz |
| 60F9.28 | Unsigned8  | PI 指针      | 指示正在调用的 PI 参数  | Dec     |
| 60F9.09 | Unsigned8  | 自动 PI 切换   | 当目标位置/目标速度到达后，即状态字的 bits.Target_reached=1 时，选择 PI 参数，适用于运动过程和静止状态需要使用不同 PI 参数的场合<br>0: PI 指针 (60F9.28)=0;<br>1: PI 指针 (60F9.28)=1; | Dec     |

### 6.3.1 增益切换方式

驱动器提供三种动态选择 PI 控制参数的方法：

#### 方法 1：通过数字输入口切换 PI

在数字输入口配置功能增益切换 0 或/和增益切换 1，PI 指针的值为输入组成的 BCD 码：

Bit0：增益切换 0

Bit1：增益切换 1

表 6-7 增益切换与 PI 指针对应关系

| 增益切换 0 有效输入电平 | 增益切换 1 有效输入电平 | PI 指针的值 |
|---------------|---------------|---------|
| 1             | 0             | 1       |
| 0             | 1             | 2       |
| 1             | 1             | 3       |

举例：



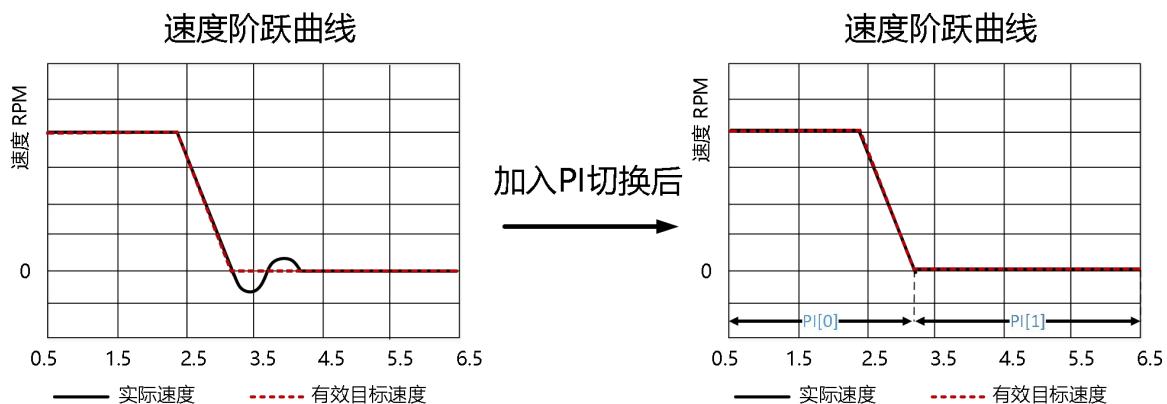
图 6-6 增益切换定义

增益切换 0 = 1，增益切换 1 = 0，因此 PI 指针=1，有效的 PI 参数为速度环比例增益[1]，速度环积分增益[1]，位置环比例增益[1]。

#### 方法 2：驱动器自动切换 PI

设置自动 PI 切换 (6069.09) = 1，则在电机运行过程中，PI 指针为 0；当电机处于位置到或电机零速度状态时，PI 指针为 1。

部分惯量较大的设备在减速速度停机时，可能会受到惯性或弹力的影响产生振动，这时候切换柔性的 PI 参数有助于实现高效停机。自动 PI 切换适用于这些电机在运行和停止状态时需要不同 PI 参数的应用。如果在数字输入口定义了增益切换功能，自动增益切换将会失效。

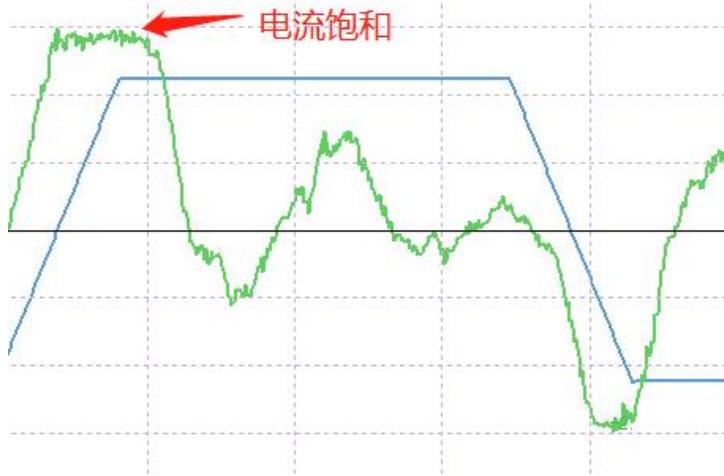


#### 方法 3：通过通讯直接设置 PI 指针数值

## 6.4 其他影响性能的因素

**由控制器（例如 PLC）创建的控制命令。**

- 控制命令应尽可能平滑，并且必须正确合理。例如，控制命令中的加速度不能超过电机转矩所能产生的最大加速度。通过采集速度和电流阶跃波形，在加速过程中，电流出现饱和削平时可以适当的减小加减速速度或加大平滑滤波，如调整加减速无改善可考虑更换更大功率的电机。



- 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，运行导轨中的打滑，机械系统中的共振，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。

## 第 7 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, T: 可追踪, L: 在控制环中读取, B: 需保存并重新启动
- 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）。

### 对象一览表

| 类别                | 索引   | 子索引 | Modbus 地址 | 数据类型       | 参数名称        |
|-------------------|------|-----|-----------|------------|-------------|
| 分类 1<br>[输入输出设定]  | 2010 | 01  | 0810      | Unsigned16 | 改变输入信号极性定义  |
|                   |      | 02  | 0820      | Unsigned16 | 输入口信号模拟     |
|                   |      | 03  | 0830      | Unsigned16 | 数字输入 1      |
|                   |      | 04  | 0840      | Unsigned16 | 数字输入 2      |
|                   |      | 05  | 0850      | Unsigned16 | 数字输入 3      |
|                   |      | 06  | 0860      | Unsigned16 | 数字输入 4      |
|                   |      | 0A  | 08A0      | Unsigned16 | 输入口实际状态     |
|                   |      | 0D  | 08D0      | Unsigned16 | 输出口极性定义     |
|                   |      | 0E  | 08E0      | Unsigned16 | 输出口信号模拟     |
|                   |      | 0F  | 08F0      | Unsigned16 | 数字输出 1      |
|                   |      | 10  | 0900      | Unsigned16 | 数字输出 2      |
|                   |      | 14  | 0940      | Unsigned16 | 输出口实际状态     |
|                   |      | 18  | 0980      | Unsigned16 | 零速输出速度窗口    |
|                   |      | 19  | 0990      | Unsigned8  | 限位功能定义      |
| 分类 2<br>[速度/位置设定] | 2020 | 01  | 0C10      | Integer32  | 多段位置控制 0    |
|                   |      | 02  | 0C20      | Integer32  | 多段位置控制 1    |
|                   |      | 03  | 0C30      | Integer32  | 多段位置控制 2    |
|                   |      | 04  | 0C40      | Integer32  | 多段位置控制 3    |
|                   |      | 05  | 0C50      | Integer32  | 多段速度控制 0    |
|                   |      | 06  | 0C60      | Integer32  | 多段速度控制 1    |
|                   |      | 07  | 0C70      | Integer32  | 多段速度控制 2    |
|                   |      | 08  | 0C80      | Integer32  | 多段速度控制 3    |
|                   |      | 10  | 0D00      | Integer32  | 多段位置控制 4    |
|                   |      | 11  | 0D10      | Integer32  | 多段位置控制 5    |
|                   |      | 12  | 0D20      | Integer32  | 多段位置控制 6    |
|                   |      | 13  | 0D30      | Integer32  | 多段位置控制 7    |
|                   |      | 14  | 0D40      | Integer32  | 多段速度控制 4    |
|                   |      | 15  | 0D50      | Integer32  | 多段速度控制 5    |
|                   |      | 16  | 0D60      | Integer32  | 多段速度控制 6    |
|                   |      | 17  | 0D70      | Integer32  | 多段速度控制 7    |
|                   |      | 0F  | 0CF0      | Unsigned16 | 绝对/相对位置控制选择 |

| 类别                 | 索引   | 子索引 | Modbus 地址 | 数据类型       | 参数名称       |
|--------------------|------|-----|-----------|------------|------------|
| 分类 3<br>[脉冲输入设定]   | 2508 | 01  | 1910      | Integer16  | 电子齿轮分子 0   |
|                    |      | 02  | 1920      | Unsigned16 | 电子齿轮分母 0   |
|                    |      | 03  | 1930      | Unsigned8  | 脉冲模式控制     |
|                    |      | 04  | 1940      | Integer32  | 电子齿轮前输入脉冲数 |
|                    |      | 05  | 1950      | Integer32  | 电子齿轮后输入脉冲数 |
|                    |      | 06  | 1960      | Unsigned16 | 脉冲滤波参数     |
|                    |      | 09  | 1990      | Unsigned16 | 位置到时间窗口    |
|                    |      | 0C  | 19C0      | Integer16  | 齿轮前脉冲频率    |
|                    |      | 0D  | 19D0      | Integer16  | 齿轮后脉冲频率    |
|                    |      |     |           |            |            |
| 分类 4<br>[错误代码]     | 2601 | 00  | 1F00      | Unsigned16 | 错误状态       |
|                    | 2602 | 00  | 2000      | Unsigned16 | 错误状态 2     |
| 分类 5<br>[存储参数设定]   | 2FF0 | 01  | 2910      | Unsigned8  | 存储控制参数     |
|                    |      | 03  | 2930      | Unsigned8  | 存储电机参数     |
| 分类 6<br>[设备的控制及状态] | 6040 | 00  | 3100      | Unsigned16 | 控制字        |
|                    | 6041 | 00  | 3200      | Unsigned16 | 状态字        |
| 分类 7<br>[停止模式设定]   | 605A | 00  | 3400      | Integer16  | 快速停止模式     |
|                    | 605B | 00  | 3410      | Integer16  | 关机停止模式     |
|                    | 605C | 00  | 3420      | Integer16  | 禁止停止模式     |
|                    | 605D | 00  | 3430      | Integer16  | 暂停模式       |
|                    | 605E | 00  | 3440      | Integer16  | 报错停止模式     |
| 分类 8<br>[工作模式设定]   | 6060 | 00  | 3500      | Integer8   | 工作模式       |
| 分类 9<br>[基本参数设定]   | 6063 | 00  | 3700      | Integer32  | 实际位置       |
|                    | 6065 | 00  | 3800      | Unsigned32 | 最大跟随误差     |
|                    | 6067 | 00  | 3900      | Unsigned32 | 目标位置窗口     |
|                    | 606C | 00  | 3B00      | Integer32  | 实际速度       |
|                    | 6071 | 00  | 3C00      | Integer16  | 目标力矩       |
|                    | 6073 | 00  | 3D00      | Unsigned16 | 目标电流限制     |
|                    | 6078 | 00  | 3E00      | Integer16  | 实际电流值      |
|                    | 607A | 00  | 4000      | Integer32  | 目标位置       |
|                    | 607C | 00  | 4100      | Integer32  | 原点偏移       |
|                    | 607D | 01  | 4410      | Integer32  | 软限位正设置     |
|                    |      | 02  | 4420      | Integer32  | 软限位负设置     |
|                    | 607E | 00  | 4700      | Unsigned8  | 速度位置方向控制   |
|                    | 6080 | 00  | 4900      | Unsigned16 | 最大速度限制     |
|                    | 6081 | 00  | 4A00      | Unsigned32 | 梯形速度       |
|                    | 6083 | 00  | 4B00      | Unsigned32 | 梯形加速度      |
|                    | 6084 | 00  | 4C00      | Unsigned32 | 梯形减速度      |
|                    | 6085 | 00  | 3300      | Unsigned32 | 快速停止减速度    |
|                    | 60F6 | 08  | 5880      | Integer16  | 目标电流       |
|                    | 60FD | 00  | 6D00      | Unsigned32 | 输入口状态      |
|                    | 60FF | 00  | 6F00      | Integer32  | 目标速度       |
| 分类 10<br>[原点模式设定]  | 6098 | 00  | 4D00      | Integer8   | 原点模式       |
|                    | 6099 | 01  | 5010      | Unsigned32 | 原点转折信号速度   |
|                    |      | 02  | 5020      | Unsigned32 | 原点信号速度     |
|                    |      | 05  | 5050      | Unsigned8  | 原点偏移模式     |
|                    | 609A | 00  | 5200      | Unsigned32 | 寻找原点时的加速度  |

| 类别               | 索引   | 子索引 | Modbus 地址 | 数据类型       | 参数名称       |
|------------------|------|-----|-----------|------------|------------|
| 分类 11<br>[速度环参数] | 60F9 | 01  | 6310      | Unsigned16 | 速度环比例增益    |
|                  |      | 02  | 6320      | Unsigned16 | 速度环积分增益    |
|                  |      | 05  | 6350      | Unsigned8  | 速度反馈滤波     |
|                  |      | 07  | 6370      | Unsigned16 | 速度环积分增益/32 |
|                  |      | 0A  | 63A0      | Integer32  | 速度到窗口      |
|                  |      | 14  | 6440      | Unsigned16 | 零速输出时间     |
| 分类 12<br>[位置环参数] | 60FB | 01  | 6810      | Integer16  | 位置环比例增益 0  |
|                  |      | 02  | 6820      | Integer16  | 位置环速度前馈    |
|                  |      | 03  | 6830      | Integer16  | 位置环加速度前馈   |
|                  |      | 05  | 6850      | Unsigned16 | 平滑滤波       |
| 分类 13<br>[报警参数]  | 6410 | 18  | 7180      | Integer16  | 电机温度报警点    |
|                  |      | 19  | 7190      | Integer16  | 当前电机温度     |
|                  | 6510 | 07  | 8670      | Unsigned16 | 低压报警点      |
|                  |      | 08  | 8680      | Unsigned16 | 斩波电压点      |
|                  |      | 09  | 8690      | Unsigned16 | 过压报警点      |

## 7.1 模式及控制 (0x6040)

| 名称  | CANopen  | Modbus | 命令属性  | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释  |
|-----|----------|--------|-------|------------|-----|------|---|
| 控制字 | 60400010 | 3100   | RWLTM | Unsigned16 | HEX | 0006 | 0x06: 松轴<br>0x0F: 锁轴<br>0x0B: 快速停止, 负载停止-电压断开<br>0x2F→3F: 绝对位置模式<br>0x4F→5F: 相对位置模式<br>0x103F: 根据目标位置变化立即绝对定位<br>0x0F-1F: 原点定位<br>0X86: 错误复位  |
| 状态字 | 60410010 | 3200   | RLTM  | Unsigned16 | HEX | 0218 | 状态字节显示驱动器的状态<br>bit0: 就绪<br>bit1: 驱动器使能<br>bit2: 工作模式使能<br>bit3: 故障<br>bit4: 动力电输入<br>bit5: 快速停止<br>bit6: 上电禁止<br>bit7: 警告<br>bit8: 内部保留<br>bit9: 远程控制<br>bit10: 目标位置到<br>bit11: 正、负向限位<br>bit12: 脉冲响应<br>bit13: 位置跟随误差<br>bit14: 找到电机励磁<br>bit15: 原点找到 |

|             |          |      |      |            |     |      |  |
|-------------|----------|------|------|------------|-----|------|--|
| 工作模式        | 60600008 | 3500 | RWLM | Integer8   | DEC | -4   | 工作模式:<br>1: 带位置环的定位模式<br>3: 带位置环的速度模式<br>4: 力矩模式<br>-3: 速度环(立即速度模式)<br>-4: 脉冲模式<br>6: 找原点模式<br>7: 基于 CANopen 的运动插补 |
| 绝对/相对位置控制选择 | 20200F10 | 0CF0 | RWSL | Unsigned16 | HEX | 002F | 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；<br>0x2F：绝对位置控制<br>0x4F：相对位置控制                         |

## 7.2 测量数据

| 名称    | CANopen  | Modbus | 命令类型 | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释   |
|-------|----------|--------|------|------------|-----|------|--|
| 实际位置  | 60630020 | 3700   | RLTM | Integer32  | inc | 0    | 电机实际位置   |
| 实际电流值 | 60780010 | 3E00   | RLTM | Integer16  | Ap  | 0.00 | 实际电流   |
| 输入口状态 | 60FD0020 | 6D00   | RLTM | Unsigned32 | HEX | 0    | bit0: 负限位信号状态<br>bit1: 正限位信号状态<br>bit2: 原点信号状态<br>bit4: 硬件锁定信号状态 |
| 实际速度  | 606C0020 | 3B00   | RLTM | Integer32  | rpm | 0.00 | rpm  |



### 注意

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

## 7.3 目标对象 (0x607A)

| 名称       | CANopen  | modbus | 命令类型  | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释                               |
|----------|----------|--------|-------|------------|-----|------|------------------------------------|
| 速度位置方向控制 | 607E0008 | 4700   | RWSL  | Unsigned8  | DEC | 0    | 运行极性翻转<br>0: 逆时针为正方向<br>1: 顺时针为正方向 |
| 目标位置     | 607A0020 | 4000   | RWLTM | Integer32  | inc | 0    | 位置模式下的目标位置，如果控制字设定为开始运动，转变成为有效指令位置 |
| 梯形速度     | 60810020 | 4A00   | RWLTM | Unsigned32 | rpm | 0.00 | 工作模式 1 时的梯形曲线的速度 rpm               |
| 目标速度     | 60FF0020 | 6F00   | RWLTM | Integer32  | rpm | 0.00 | 模式 3、-3、时的目标速度                     |

|          |          |      |        |            |       |        |                         |
|----------|----------|------|--------|------------|-------|--------|-------------------------|
| 最大速度限制   | 60800010 | 4900 | RWL    | Unsigned16 | rpm   | 5000   | 默认值为 5000rpm            |
| 梯形加速度    | 60830020 | 4B00 | RWSLTM | Unsigned32 | rps/s | 100.00 | 默认值: 100rps/s           |
| 梯形曲线的减速度 | 60840020 | 4C00 | RWSLTM | Unsigned32 | rps/s | 100.00 | 默认值: 100rps/s           |
| 目标力矩     | 60710010 | 3C00 | RWL    | Integer16  | %     | 0.00   | 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 | RWLTM  | Integer16  | Ap    | 0.00   | 力矩模式下的电流指令              |
| 目标电流限制   | 60730010 | 3D00 | RWSLTM | Unsigned16 | Ap    | 48.00  | 电流指令最大值                 |



### 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

## 7.4 多段位置/多段速度 (0x2020)

| 名称       | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型      | 单位  | 初始值 | 详细解释  |
|----------|----------|--------|------|-----------|-----|-----|---|
| 多段位置控制 0 | 20200120 | 0C10   | RWSL | Integer32 | DEC | 0   | Din 位置[x], 只有当 “Din 位置索引 0”、“Din 位置索引 1”、“Din 位置索引 2” 中至少一个被配置到 Din 时有意义；<br>x=0~7, 为由该 3 个索引组成的 BCD 码;<br>bit0: Din 位置索引 0<br>bit1: Din 位置索引 1<br>bit2: Din 位置索引 2<br>当其中一位配置到 Din 后, 未配置的等于 0 |
| 多段位置控制 1 | 20200220 | 0C20   | RWSL | Integer32 | DEC | 0   |   |

| 名称       | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型      | 单位  | 初始值  | 详细解释  |
|----------|----------|--------|------|-----------|-----|------|---|
| 多段位置控制 2 | 20200320 | 0C30   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段位置控制 3 | 20200420 | 0C40   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段位置控制 4 | 20201020 | 0D00   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段位置控制 5 | 20201120 | 0D10   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段位置控制 6 | 20201220 | 0D20   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段位置控制 7 | 20201320 | 0D30   | RWSL | Integer32 | DEC | 0    |   |
| 多段速度控制 0 | 20200520 | 0C50   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 | 驱动器的速度指令由 DIN 速度[x]来指定，其中的 x 是来自以下信号组成的 BCD 码：<br>位 0: Din 速度索引 0;<br>位 1: Din 速度索引 1;<br>位 2: Din 速度索引 2;<br>其中位数全为 0 的情况不能出现; |
| 多段速度控制 1 | 20200620 | 0C60   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 2 | 20200720 | 0C70   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 3 | 20200820 | 0C80   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 4 | 20201420 | 0D40   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 5 | 20201520 | 0D50   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 6 | 20201620 | 0D60   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |
| 多段速度控制 7 | 20201720 | 0D70   | RWSL | Integer32 | rpm | 0.00 |   |

## 7.5 性能对象 (0x6065)

| 名称     | Subindex | modbus | 命令类型  | 数据类型       | 单位  | 初始值    | 详细解释          |
|--------|----------|--------|-------|------------|-----|--------|---------------|
| 最大跟随误差 | 60650020 | 3800   | RWSLM | Unsigned32 | inc | 524288 | 跟随误差值报警值      |
| 目标位置窗口 | 60670020 | 3900   | RWSL  | Unsigned32 | inc | 327    | “目标位置到达”的误差范围 |

|          |          |      |        |            |         |        |   |
|----------|----------|------|--------|------------|---------|--------|---|
| 位置到时间窗口  | 25080910 | 1990 | RWSLTM | Unsigned16 | ms      | 10     | 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 | RWSL   | Integer32  | inc/16s | 178956 | 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 | RWSL   | Unsigned16 | inc/ms  | 3.00   | 实际速度为 0 时的误差窗口  |
| 零速输出时间   | 60F91410 | 6440 | RWSL   | Unsigned16 | ms      | 10.00  | 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 | RWSL   | Integer32  | DEC     | 0      | 软限位正设置  |
| 软限位负设置   | 607D0220 | 4420 | RWSL   | Integer32  | DEC     | 0      | 软限位负设置  |
| 限位功能定义   | 20101908 | 0990 | RWSL   | Unsigned8  | DEC     | 1      | 用于设定限位到达后的动作<br>0：找到原点后如果出现了限位，则报警<br>1：不报警           |

## 7.6 原点控制 (0x6098)

| 名称        | CANopen  | Modbus | 命令类型   | 类型         | 单位    | 初始值    | 详细解释   |
|-----------|----------|--------|--------|------------|-------|--------|--|
| 原点模式      | 60980008 | 4D00   | RWSLM  | Integer8   | DEC   | 0      | 寻找原点模式<br>详见原点控制模式章节   |
| 原点转折信号速度  | 60990120 | 5010   | RWSLTM | Unsigned32 | rpm   | 300.00 | 碰触到触发事件后，寻找原点的速度 rpm   |
| 原点信号速度    | 60990220 | 5020   | RWSLTM | Unsigned32 | rpm   | 100.00 | 开始寻找原点及零点位置时的速度  |
| 寻找原点时的加速度 | 609A0020 | 5200   | RWSL   | Unsigned32 | rps/s | 50.00  | 寻找原点时的加速度  |
| 原点偏移      | 607C0020 | 4100   | RWSLTM | Integer32  | inc   | 0      | 找到原点后的位置偏移   |
| 原点偏移模式    | 60990508 | 5050   | RWSL   | Unsigned8  | DEC   | 0      | 原点偏移模式控制<br>0：运行到原点偏移位置，实际位置显示为 0<br>1：运行到事件触发点，结束后实际位置将变为：-原点偏移 |

## 7.7 速度环参数 (0x60F9)

| 名称         | CANopen  | Modbus | 命令类型 | 数据类型       | 单位  | 初始值 | 详细解释                                   |
|------------|----------|--------|------|------------|-----|-----|--|
| 速度环比例增益    | 60F90110 | 6310   | RWSL | Unsigned16 | DEC | 4   | 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   | RWSL | Unsigned16 | DEC | 0   | 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   | RWSL | Unsigned16 | DEC | 2   | 此数据为 kvi 的 1/32                        |
| 速度反馈滤波     | 60F90508 | 6350   | RWSL | Unsigned8  | Hz  | 240 | 速度环的速度反馈滤波<br>BW=Speed_Fb_N*20+100[Hz] |

## 7.8 位置环参数 (0x60FB)

| 名称        | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型       | 单位  | 初始值    | 详细解释      |
|-----------|----------|--------|------|------------|-----|--------|-----------|
| 位置环比例增益 0 | 60FB0110 | 6810   | RWSL | Integer16  | Hz  | 10.00  | 位置环的比例值   |
| 位置环速度前馈   | 60FB0210 | 6820   | RWSL | Integer16  | %   | 100.00 | 位置环速度前馈   |
| 位置环加速度前馈  | 60FB0310 | 6830   | RWSL | Integer16  | DEC | 32767  | 位置环的加速度前馈 |
| 平滑滤波      | 60FB0510 | 6850   | RWSL | Unsigned16 | DEC | 1      | 在非使能状态下修改 |

## 7.9 输入输出口参数 (0x2010)

| 名称         | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释  |
|------------|----------|--------|------|------------|-----|------|---|
| 数字输入 1     | 20100310 | 0830   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0000 | 参考下方功能定义  |
| 数字输入 2     | 20100410 | 0840   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0000 |   |
| 数字输入 3     | 20100510 | 0850   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0000 |   |
| 数字输入 4     | 20100610 | 0860   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0000 |   |
| 数字输出 1     | 20100F10 | 08F0   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0001 |   |
| 数字输出 2     | 20101010 | 0900   | RWSL | Unsigned16 | HEX | 0002 |   |
| 输入口实际状态    | 20100A10 | 08A0   | RLTM | Unsigned16 | HEX | 0000 | bit0: Din1<br>bit1: Din2<br>bit2: Din3<br>bit3: Din4  |
| 输出口实际状态    | 20101410 | 0940   | RLTM | Unsigned16 | HEX | 000A | bit0: Dout1<br>bit1: Dout2  |
| 改变输入信号极性定义 | 20100110 | 0810   | RWSL | Unsigned16 | HEX | FFFF | 0: 常闭；1: 常开<br>bit0: Din1<br>bit1: Din2<br>bit2: Din3<br>bit3: Din4<br>bit4: Din5<br>bit5: Din6<br>bit6: Din7<br>bit7: Din8<br>默认值 0xFFFF |

| 输出口极性定义 | 20100D10 | 08D0 | RWSLTM | Unsigned16 | HEX | FFFF | 输出口极性定义  |
|---------|----------|------|--------|------------|-----|------|--|
| 输入口信号模拟 | 20100210 | 0820 | RWL    | Unsigned16 | HEX | 0000 | bit0: Din1<br>bit1: Din2<br>bit2: Din3<br>bit3: Din4<br>bit4: Din5<br>bit5: Din6<br>bit6: Din7<br>bit7: Din8 |
| 输出口信号模拟 | 20100E10 | 08E0 | RWLM   | Unsigned16 | HEX | 0000 | bit0: Dout1<br>bit1: Dout2<br>bit2: Dout3<br>bit3: Dout4<br>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<br>0002: 驱动器错误复位<br>0004: 驱动器工作模式控制<br>0008: 速度环 kp 控制<br>0010: 正限位<br>0020: 负限位<br>0040: 原点信号<br>0080: 速度指令反向<br>0100: 内部速度控制 0<br>0200: 内部速度控制 1<br>0400: 内部位置控制 0<br>0800: 内部位置控制 1<br>1000: 紧急停止<br>2000: start homing 开始找原点<br>4000: active command 指令激活<br>8001: 多段速度控制 2<br>8002: 多段位置控制 2<br>8004: 多功能输入信号 0 (用于设置多段电子齿轮比)<br>8008: 多功能输入信号 1<br>8010: 多功能输入信号 2<br>8020: 增益切换输入信号 0<br>8040: 增益切换输入信号 1<br>8080: 最大电流切换输入开关<br>8100: 电机故障<br>8200: 预使能 (IO 口必须有使能信号, 不然会报警, 用于某些需要确定安全后才能运行机器的场合)<br>8400: fast capture 1<br>8800: fast capture 2 | 0001: 驱动器就绪<br>0002: 驱动器错误<br>0004: 电机位置到<br>0008: 电机零速<br>0010: 电机抱闸刹车<br>0020: 电机速度到<br>0040: 索引信号出现<br>0080: 力矩模式下达到最大限制速度<br>0100: 电机锁轴<br>0200: position limiting<br>0400: reference found<br>0800: max current reached<br>1000: multi DOUT 0<br>2000: multi DOUT 1<br>4000: multi DOUT 2<br>8001: STO active |

数字输入功能介绍如下表：

| 输入功能       | 描述   |
|------------|--|
| 使能         | 驱动器使能<br>1: 控制字 = Din 控制字选择(2020.0F)<br>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<br>1: 工作模式 = 工作模式选择 1 (2020.0E), 默认值=-4<br>0: 工作模式 = 工作模式选择 0 (2020.0D), 默认值=-3   |
| Kvi 关闭     | 1: 关闭速度环积分增益<br>0: 速度环积分增益设置值有效<br>更多信息请参考第 6 章  |
| 正限位        | 常闭型正/负限位开关信号输入   |
| 负限位        | 0: 限位中, 限位被激活, 相应运动方向被禁止   |
| 原点信号       | 原点开关信号, 可在找原点时使用   |
| 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 |  |
| 紧急停止       | 设置控制字位 bit2=0 启动紧急停止, 紧急停止后若想重新使能, 需要首先将控制字设置为 0x06, 然后在设置为 0x0F (如果输入口配置了驱动器使能, 则只需再次触发使能信号)  |
| 开始找原点      | 开始找原点信号, 必须在驱动器使能的前提下使用。找到原点后工作模式切换回找原点前的工作模式  |
| 指令激活       | 激活位置指令, 比如控制字由 0x2F 变为 0x3F  |
| 多功能输入 0    | 用于选择电子齿轮比, 电子齿轮分子和电子齿轮分母由多功能输入组成的 BCD 码决定。<br>实际使用的电子齿轮比为电子齿轮分子[x], 电子齿轮分母[x], x 是多功能输入组成的 BCD 码:  |
| 多功能输入 1    | Bit0: 多功能输入 0  |
| 多功能输入 2    | Bit1: 多功能输入 1<br>Bit2: 多功能输入 2   |
| 增益切换 0     | PI 指针(60F9.28)由增益切换 0 和增益切换 1 组成的 BCD 码决定, 同时决定 Kvp, Kvi, Kpp 的索引, 详见第 6.2 节   |
| 增益切换 1     |  |
| 电机故障       | 如果外部错误发生 (如电机本身温度过高), 可以通过输入口将错误信号传递给驱动器   |
| 快速捕捉 1     | 快速捕捉功能用于在相应的输入信号边缘到来时, 捕获实际位置 (6063.00) 数据, 最快响应时间不超过为 2ms。  |
| 快速捕捉 2     | 当输入功能配置为快速捕捉 1 时, 如果输入口上升沿到来, 上升沿捕捉状态 1 将变为 1, 同时实际位置将存储在上升沿位置 1; 如果输入口下降沿到来, 下降沿捕捉状态 1 将变为 1, 同时实际位置将存储在下降沿位置 1 中。<br>一旦上升沿捕捉状态 1 或下降沿捕捉状态 1 更改为 1, 用户需要将它们重置为 0 以进行下一次捕获, 否则将不会捕获下一个位置。<br>快速捕捉 2 的使用方法与快速捕捉 1 类似。 |
| 预使能        | 出于安全考虑, 预使能信号可以用于代表驱动器是否就绪,<br>1: 代表驱动器就绪, 可以给使能; 0: 代表驱动器未就绪, 不能给使能   |
| 清除脉冲       | 清除驱动器已经接收但未执行的齿轮前脉冲数据  |
| 暂停         | 1: 电机暂停运行, 控制字中 bit8 = 1<br>0: 电机继续执行未完成的指令  |
| 正向微调       | 激活脉冲模式下正方向的位置微调数据  |
| 负向微调       | 激活脉冲模式下负方向的位置微调数据  |

数字输出功能介绍如下表：

| 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  |
| 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) 时输出位置到功能                     |
| 零速度     | 实际速度-ms (60F9.1A) 的绝对值小于等于零速度窗口 (2010.18)，且持续时间大于等于零速度时间 (60F9.14) 时输出零速度功能                  |
| 电机制动    | 电机刹车控制输出信号，该信号可用于连接控制电机抱闸的外部继电器。如果使用抱闸电机，该功能必须设置，否则将会损害电机。有效输出为绿色状态表示打开抱闸，有效输出为灰色状态表示抱闸吸合。   |
| 速度到     | 速度误差 (60F9.1C) 小于速度到窗口 (60F9.0A) 时输出速度到功能  |
| 索引信号出现  | 电机索引信号出现   |
| 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     | 正负向位置限位中   |
| 原点找到    | 原点已找到  |
| 扭矩达到限制  | 当实际扭矩(60F5.08)达到基准(60F5.06)且持续时间超过滤波时间(60F5.07)则输出扭矩达到限制，扭矩达到基准(60F5.06)设置为 0 表示不开启扭矩达到限制检测。 |
| 多功能信号 0 | Din 多段位置控制的位置到输出功能，详细说明请参考第 5 章 5.4.1.1 节  |
| 多功能信号 1 |  |
| 多功能信号 2 |  |

## 7.10 脉冲输入参数 (0x2508)

| 名称       | CANopen  | modbus | 命令类型   | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释  |
|----------|----------|--------|--------|------------|-----|------|---|
| 电子齿轮分子 0 | 25080110 | 0x1910 | RWSLTM | Integer16  | DEC | 1000 | 电子齿轮分子 0  |
| 电子齿轮分母 0 | 25080210 | 0x1920 | RWSLTM | Unsigned16 | DEC | 1000 | 电子齿轮分母 0  |
| 脉冲模式控制   | 25080308 | 0x1930 | RWSLB  | Unsigned8  | DEC | 1    | 0: 双脉冲模式<br>1: 脉冲方向模式<br>2: 增量式编码器模式<br>10: 422 双脉冲模式<br>11: 422 脉冲方向模式<br>12: 422 增量式编码器模式<br>(数据变更后需存储控制参数重启生效) |

|            |          |        |       |            |     |   |                   |
|------------|----------|--------|-------|------------|-----|---|-------------------|
| 电子齿轮前输入脉冲数 | 25080420 | 0x1940 | RWLTM | Integer32  | DEC | 0 | 电子齿轮前输入脉冲数        |
| 电子齿轮后输入脉冲数 | 25080520 | 0x1950 | RWL   | Integer32  | DEC | 0 | 电子齿轮后输入脉冲数        |
| 脉冲滤波参数     | 25080610 | 0x1960 | RWSL  | Unsigned16 | DEC | 3 | 脉冲滤波参数            |
| 齿轮前脉冲频率    | 25080C10 | 0x19C0 | RLTM  | Integer16  | DEC | 0 | 齿轮前脉冲频率(pulse/mS) |
| 齿轮后脉冲频率    | 25080D10 | 0x19D0 | RLT   | Integer16  | DEC | 0 | 齿轮后脉冲频率(pulse/mS) |

## 7.11 用于存储的参数 (0x2FF0)

| 名称     | Subindex | modbus | 命令类型 | 数据类型      | 单位  | 初始值 | 详细解释   |
|--------|----------|--------|------|-----------|-----|-----|--|
| 存储控制参数 | 2FF00108 | 2910   | RWL  | Unsigned8 | DEC | 0   | 1: 存储设定的所有配置参数<br>10: 初始化所有的配置参数<br>注: 存储控制环参数, 不包括电机参数。 |
| 存储电机参数 | 2FF00308 | 2930   | RWL  | Unsigned8 | DEC | 0   | 1: 存储设定的所有电机参数   |

## 7.12 错误代码 (0x2601)

| 名称   | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型       | 单位  | 初始值  | 详细解释   |
|------|----------|--------|------|------------|-----|------|--|
| 错误状态 | 26010010 | 1F00   | RLTM | Unsigned16 | HEX | 0408 | 实时报警错误状态<br>bit0: 扩展错误<br>bit 1: 编码器 ABZ 连接报警<br>bit 2: 编码器 UVW 连接报警<br>bit 3: 编码器计数报警<br>bit 4: 驱动器高温报警<br>bit 5: 驱动器高压报警<br>bit 6: 驱动器低压报警<br>bit 7: 驱动器过流报警<br>bit 8: 吸收电阻报警<br>bit 9: 位置误差过大报警<br>bit 10: 逻辑低压报警<br>bit 11: 电机或驱动器 iit 报警<br>bit 12: 脉冲频率过高报警<br>bit 13: 电机高温报警<br>bit 14: 电机励磁报警<br>bit 15: 存储器报警 |

|        |        |      |      |            |     |      |   |
|--------|--------|------|------|------------|-----|------|---|
| 错误状态 2 | 260200 | 2000 | RLTM | Unsigned16 | HEX | 0000 | 错误状态 2<br>位 0: 电流传感器<br>位 1: 看门狗<br>位 2: 异常中断<br>位 3: MCU ID<br>位 4: 电机配置<br>位 5~7: 保留<br>位 8: 外部使能<br>位 9: 正限位<br>位 10: 负限位<br>位 11: SPI 内部<br>位 12: CAN 总线中断<br>位 13: 全闭环方向<br>位 14: 主编码器 ABZ<br>位 15: 主编码器计数 |
|--------|--------|------|------|------------|-----|------|---|

## 7.13 停止模式

| 名称     | CANopen  | modbus | 命令类型 | 数据类型      | 单位  | 初始值 | 详细解释   |
|--------|----------|--------|------|-----------|-----|-----|--|
| 快速停止模式 | 605A0010 | 3400   | RWSL | Integer16 | DEC | 0   | 遇到限位开关, 紧急停止开关, 或控制字为 0x000B<br>0: 不受控停止<br>1: 曲线停止<br>2: 快速停止减速度停止<br>5: 曲线停止, 最后停在快速停止状态<br>6: 快速停止减速度停止, 最后停在快速停止状态<br>18: 使用电机自身电阻进行制动, 即使编码器出问题了也可以进行 |
| 关机停止模式 | 605B0010 | 3410   | RWSL | Integer16 | DEC | 0   | 关机停止模式 (驱动器使能取消)<br>0: 不受控停止<br>1: 曲线停止<br>2: 快速停止减速度停止<br>18: 使用电机自身电阻进行制动, 即使编码器出问题了也可以进行  |
| 禁止停止模式 | 605C0010 | 3420   | RWSL | Integer16 | DEC | 0   | 0: 不受控停止<br>1: 曲线停止<br>2: 快速停止减速度停止<br>18: 使用电机自身电阻进行制动, 即使编码器出问题了也可以进行  |
| 暂停模式   | 605D0010 | 3430   | RWSL | Integer16 | DEC | 1   | 控制字 bit8 设置为 1<br>令电机暂停并处于使能状态<br>1: 当前减速度减速停止<br>2: 急停减速度停止   |

|         |          |      |       |            |       |        |  |
|---------|----------|------|-------|------------|-------|--------|--|
| 报错停止模式  | 605E0010 | 3440 | RWSL  | Integer16  | DEC   | 0      | 驱动器报警时<br>0: 立即停止<br>1: 减速停止<br>2: 使用快速停止减速度停止<br>18: 使用电机自身电阻进行制动, 即使编码器出问题了也可以进行 |
| 梯形减速度   | 60840020 | 4C00 | RWSLT | Unsigned32 | rps/s | 100.00 | 工作模式模式 1 和 3 下的减速度   |
| 快速停止减速度 | 60850020 | 3300 | RWSL  | Unsigned32 | rps/s | 610.00 | 急停减速度  |

## 7.14 报警参数

| 名称      | CANopen  | Modbus | 命令类型 | 数据类型        | 单位 | 初始值 | 详细解释  |
|---------|----------|--------|------|-------------|----|-----|---|
| 电机温度报警点 | 64101810 | 7180   | RWSL | Integer16   | °C | 100 | 温度默认报警点是 100°C                              |
| 当前电机温度  | 64101910 | 7190   | RLT  | Integer16   | °C | -   | 当使用电机的时候没有接入温度传感器或温度传感器出现异常, 此时电机温度会显示-40°C |
| 低压报警点   | 65100710 | 8670   | RWHP | Unsigned16  | V  | 18  | 驱动器低压报警点                                    |
| 斩波电压点   | 65100810 | 8680   | RWHP | Unsigned 16 | V  | 63  | 驱动器斩波电压点                                    |
| 过压报警点   | 65100910 | 8690   | RWHP | Unsigned 16 | V  | 70  | 驱动器过压报警点                                    |



### 注意

iSMK 系列一体化驱动器出厂默认带温度传感器

## 第 8 章 RS485 通讯

### 8.1 RS485 接线说明

FD1X5 系列伺服驱动器 RS485 口支持 RS485 的 232 协议和 Modbus 功能，该功能可以用来修改伺服内部参数以及监控伺服状态等。FD1X5 默认波特率为 38400,默认使用 Modbus 协议，接线图如图 8-1 所示。

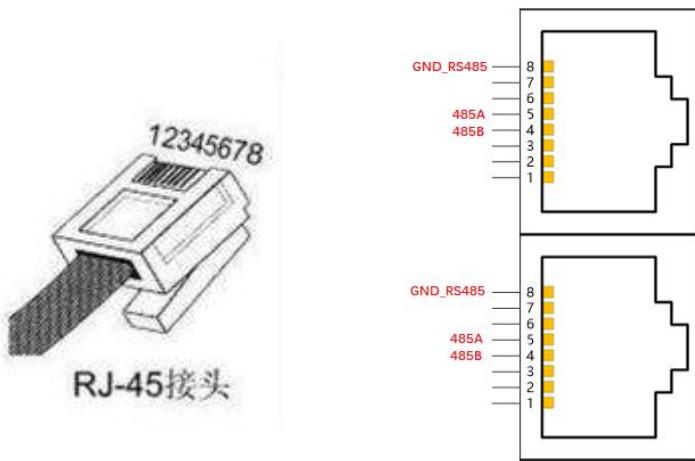


图 8-1 FD1X5 的 RS485 接口及定义

iSMK 系列伺服驱动器 RS485 口支持 RS485 的 232 协议和 Modbus 功能，该功能可以用来修改伺服内部参数以及监控伺服状态等。iSMK 的 485 默认波特率为 115200，默认使用 232 协议，接线图如图 8-2 所示。

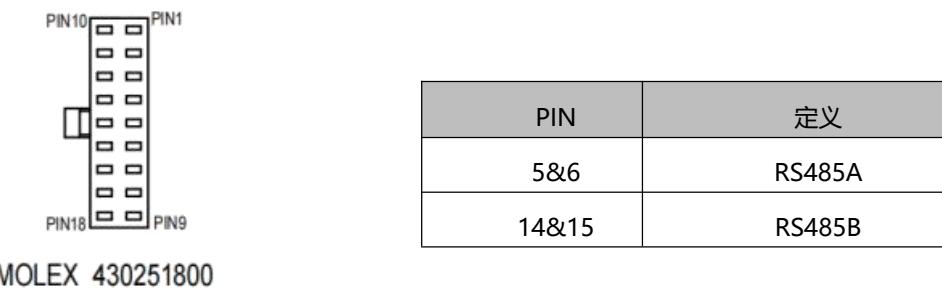


图 8-2 iSMK 的 RS485 接口及定义

**注意**

1. 设备站号和波特率需要保存重启驱动器后才能生效。
2. 使用波特率连接上位机出现通讯不稳定时，可以降低通讯波特率重新连接软件调试。
3. 驱动器新增了通过 modbus 切换 232 协议的功能，内部地址为 6510 0C，对应的 modbus 地址映射为 0X86C0，当 485 接口使用 Modbus 协议的情况下，通过发送指令（以 ID=1 为例）：01 06 86 C0 00 01 61 7E 可立即切换为 232 协议与上位机连接，也可以发送 01 06 86 C0 00 03 E0 BF（232 协议，保存重启后生效）01 06 29 10 00 01 41 93（存储控制参数），然后对机器进行重启后即可与上位机进行连接。
4. 如果 iSMK 和 FD1X5 使用 RS485 通讯协议与上位机连接失败，可能是由于 RS485 通讯协议选择了 MODBUS 协议所导致的，可尝试按照上述第三点发送 MODBUS 指令将 MODBUS 协议更换为 232 协议后在重新连接上位机。
5. 在上位机软件中针对 iSMK 系列还新增了一个终端电阻设置功能，其内部地址为 2F82 00，保存控制参数后重启生效。

## 8.2 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 (Modbus 地址: 0X2600)<br>设置值 波特率<br>1080——9600<br>540——19200<br>270——38400<br>90——115200<br>注：需要保存再重新启动。 | iSMK:90<br>FD1X5:270 |
| 65100C08 | RS485 通讯协议选择 | bit0: 0:使用 MODBUS 协议 1:使用 RS232 的通讯协议<br>bit1: 0:更改 bit0 时立即生效 1:更改 bit0 时存储重启生效                                       | iSMK:1<br>FD1X5:0    |
| 65100E10 | RS485 模式     | 数据位=8, 停止位=1, 无奇偶校验  | 固定值                  |
| 65100B08 | RS232 级联通讯   | RS232 级联回控 (Modbus 地址: 0X86B0)<br>0: 1 对 1 通讯<br>1: 级联回控   | 0                    |

## 8.3 MODBUS RTU 通讯协议

FD1X5 和 iSMK 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    |

## 8.4 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<br>(word) |      | 写入数据<br>字节数<br>(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 30RPM；

1A 47——校验码。

## 8.5 Modbus 报文范例

使用 Kincoservo 3 上位机软件时，如果要获取 Modbus 地址信息有以下两种方式：

- 在菜单栏点击帮助→对象字典，在相对应的变量名称右侧帮助框会显示当前的 Modbus 地址

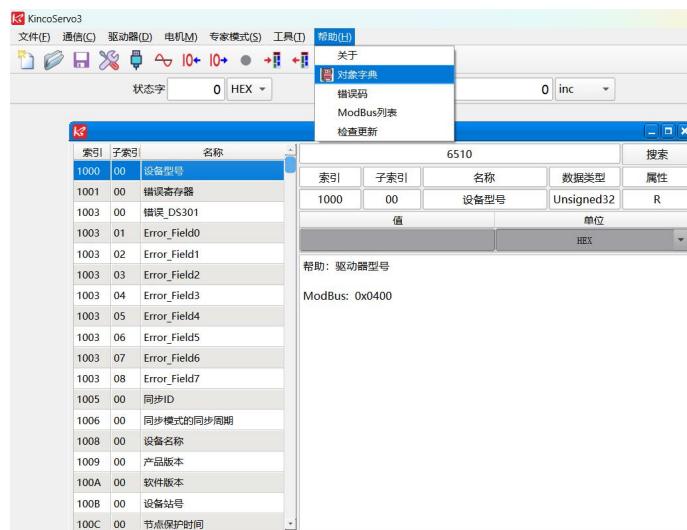


图 8-3 对象字典界面

- 在菜单栏点击帮助→Modbus 列表，就会显示所有参数完整的 Modbus 地址信息

| ModBus | Index  | Name   | ATTR     | Type             |
|--------|--------|--------|----------|------------------|
| 1      | 0x0400 | 100000 | 设备型号     | R Unsigned32     |
| 2      | 0x0700 | 200000 | 上电自启能    | RWL Unsigned8    |
| 3      | 0x0810 | 201001 | Din极性    | RWSL Unsigned16  |
| 4      | 0x0820 | 201002 | Din仿真    | RWL Unsigned16   |
| 5      | 0x0830 | 201003 | Din1功能   | RWSL Unsigned16  |
| 6      | 0x0840 | 201004 | Din2功能   | RWSL Unsigned16  |
| 7      | 0x0850 | 201005 | Din3功能   | RWSL Unsigned16  |
| 8      | 0x0860 | 201006 | Din4功能   | RWSL Unsigned16  |
| 9      | 0x0870 | 201007 | Din5功能   | RWSL Unsigned16  |
| 10     | 0x0880 | 201008 | Din6功能   | RWSL Unsigned16  |
| 11     | 0x0890 | 201009 | Din7功能   | RWSL Unsigned16  |
| 12     | 0x08A0 | 20100A | Din实际输入  | RLTM Unsigned16  |
| 13     | 0x08B0 | 20100B | Din有效输入  | RLT Unsigned16   |
| 14     | 0x08C0 | 20100C | Din系统输入  | RLT Unsigned16   |
| 15     | 0x08D0 | 20100D | Dout极性   | RWSLT Unsigned16 |
| 16     | 0x08E0 | 20100E | Dout仿真   | RWL Unsigned16   |
| 17     | 0x08F0 | 20100F | Dout1功能  | RWSL Unsigned16  |
| 18     | 0x0900 | 201010 | Dout2功能  | RWSL Unsigned16  |
| 19     | 0x0910 | 201011 | Dout3功能  | RWSL Unsigned16  |
| 20     | 0x0920 | 201012 | Dout4功能  | RWSL Unsigned16  |
| 21     | 0x0930 | 201013 | Dout5功能  | RWSL Unsigned16  |
| 22     | 0x0940 | 201014 | Dout有效   | RLTM Unsigned16  |
| 23     | 0x0950 | 201015 | Dout状态   | RLT Unsigned16   |
| 24     | 0x0960 | 201016 | Dout系统状态 | RLT Unsigned16   |
| 25     | 0x0970 | 201017 | 指令激活滤波   | RWSL Unsigned16  |

图 8-4 Modbus 列表界面

以下是各种模式发送报文，全部以站号为 1 举例。

表 8-1 报文格式

| 内部地址  | Modbus 地址 | 变量名称     | 备注           | 报文 (ID=1)                              |  |
|---|-----------|----------|--------------|--|--|
| 60600008  | 3500      | 工作模式     | 工作模式为 3      | 01 06 35 00 00 03 C6 07                |  |
| 60FF0020  | 6F00      | 目标速度     | 转速 150RPM    | 01 10 6F 00 00 02 04 F5 C3 00 28 D9 B3 |  |
| 60400010  | 3100      | 控制字      | 使能写 F        | 01 06 31 00 00 0F C7 32                |  |
| 60410010  | 3200      | 状态字      | 读取驱动器状态      | 01 03 32 00 00 02 CA B3                |  |
| <b>原点控制模式 (控制字先 F 后 1F)</b>                               |           |          |              |  |  |
| 内部地址  | Modbus 地址 | 变量名称     | 设置值          | 报文 (ID=1)                              |  |
| 60400010  | 3100      | 控制字      | F            | 01 06 31 00 00 0F C7 32                |  |
| 60600008  | 3500      | 工作模式     | 6            | 01 06 35 00 00 06 06 04                |  |
| 60980008  | 4D00      | 原点模式     | 33           | 01 06 4D 00 00 21 5E BE                |  |
| 60990120  | 5010      | 原点转折信号速度 | 200RPM       | 01 10 50 10 00 02 04 9D 03 00 36 57 98 |  |
| 60990220  | 5020      | 原点信号速度   | 150RPM       | 01 10 50 20 00 02 04 F5 C3 00 28 CE 5A |  |
| 60400010  | 3100      | 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 (bit15 置 1)    |           |          |              |  |  |
| <b>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)</b> |           |          |              |  |  |
| 内部地址  | Modbus 地址 | 变量名称     | 设置值          | 报文 (ID=1)                              |  |
| 60400010  | 3100      | 控制字      | F            | 01 06 31 00 00 0F C7 32                |  |
| 60600008  | 3500      | 工作模式     | 1            | 01 06 35 00 00 01 47 C6                |  |
| 607A0020  | 4000      | 目标位置     | 50000inc     | 01 10 40 00 00 02 04 C3 50 00 00 FE 39 |  |
| 60810020  | 4A00      | 梯形速度     | 200RPM       | 01 10 4A 00 00 02 04 55 55 00 08 BC D6 |  |
| 60830020  | 4B00      | 梯形加速度    | 610.352rps/s | 使用默认值                                  |  |
| 60840020  | 4C00      | 梯形减速度    | 610.352rps/s | 使用默认值                                  |  |
| 60400010  | 3100      | 控制字      | 2F           | 01 06 31 00 00 2F C6 EA                |  |
|   |           | 变量名称     | 3F(绝对定位)     | 01 06 31 00 00 3F C7 26                |  |
|   |           | 控制字      | 4F           | 01 06 31 00 00 4F C6 C2                |  |
|   |           | 工作模式     | 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 (bit10 置 1)     |           |          |              |  |  |
| <b>速度控制模式</b>   |           |          |              |  |  |
| 内部地址  | Modbus 地址 | 变量名称     | 设置值          | 报文 (ID=1)                              |  |
| 60600008  | 3500      | 工作模式     | 3            | 01 06 35 00 00 03 C6 07                |  |
| 60FF0020  | 6F00      | 目标速度     | 30RPM        | 01 10 6F 00 00 02 04 55 55 00 08 1A 47 |  |
| 60400010  | 3100      | 控制字      | F            | 01 06 31 00 00 0F C7 32                |  |
| 60830020  | 4B00      | 梯形加速度    | 610.352rps/s | 使用默认值                                  |  |
| 60840020  | 4C00      | 梯形减速度    | 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。

表 8-2 单位换算关系

| 参数名称                                | 工程单位             | 内部单位 | 换算关系   |
|-------------------------------------|------------------|------|--|
| 速度                                  | rpm              | DEC  | $DEC = [(RPM * 512 * \text{编码器分辨率}) / 1875]$               |
| 加速度                                 | r/s <sup>2</sup> | DEC  | $DEC = [(R/S^2 * 65536 * \text{编码器分辨率}) / 4000000]$        |
| 电流                                  | A                | DEC  | $1A_{rms} = (2048 / \text{驱动器峰值电流 } I_{peak} / 1.414) DEC$ |
| 注：编码器分辨率统一为 65536，驱动器峰值电流请查看 1.2 章节 |                  |      |  |

## 8.6 通讯故障排查措施

当驱动器与上位机无法进行通讯连接时，请检查驱动器通讯参数以及接线；当驱动器出现通讯容易掉线，只读不写或只写不读等问题时，可通过以下几个方面进行排查：

| 序号 | 排查项目 | 说明   |
|----|------|--|
| 1  | 终端电阻 | 当 485 通讯速率较高且通讯距离较长时，信号在传输线路的末端会出现信号反射的现象，因此需要在通讯组网的起始端和末端各并联一个 120Ω 终端电阻。<br>由于 FD 伺服驱动器自带终端电阻，所以只需要将第一台和最后一台驱动器的拨码拨到 ON 的位置即可。 |
| 2  | 线缆规格 | 485 信号线缆推荐线径 24AWG，应采用屏蔽双绞线缆，线缆的屏蔽层应共同接地且接地电阻不应大于 1Ω。采用双绞线可以有效的消除对地性干扰，具有良好屏蔽层的线缆可有效的减小外部 干扰源造成影响。                               |
| 3  | 合理布线 | 通讯线缆与强电线缆分线槽走，间距应 ≥ 20cm，若能将线缆收拢套入金属管中，抗干扰能力会更好。布线过程中信号线与动力电源线垂直相交，尽可能避免平行铺设。  |
| 4  | 良好接地 | 电机动力线必须使用带屏蔽网的线缆，电机 PE 接至驱动器接地端子上，驱动器外壳必须良好接地。   |
| 5  | 电源干扰 | 电源干扰。电网供电电源不稳定同样会直接影响到伺服的正常使用，驱动器外部电路部分可参考第三章进行连接。   |

## 第 9 章 CANopen 通讯

### 9.1 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。

FD1X5 和 iSMK 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。FD1X5 和 iSMK 伺服内部使用了一种严格定义的对象列表，我们把它称作对象辞典，这种对象辞典的设计方式基于 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 9-1 所示。

表 9-1 对象辞典举例列表

| 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   |

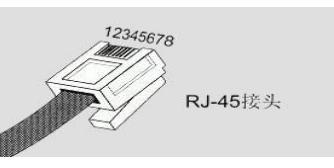
对象的属性有下面几种：

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。

### 9.2 硬件说明

FD1X5 系列伺服驱动器 CANopen 口硬件定义如下：

表 9-2 管脚名称及功能描述表

| RJ-45 接头<br> | 针脚号 | 信号标识     | 信号名称                      |
|---|-----|----------|---------------------------|
|   | 1   | CAN_H    | CAN_H bus (high dominant) |
|   | 2   | CAN_L    | CAN_L bus (low dominant)  |
|   | 3   | CAN_GNDB | 信号地                       |

iSMK 系列伺服驱动器 CANopen 口硬件定义如下：

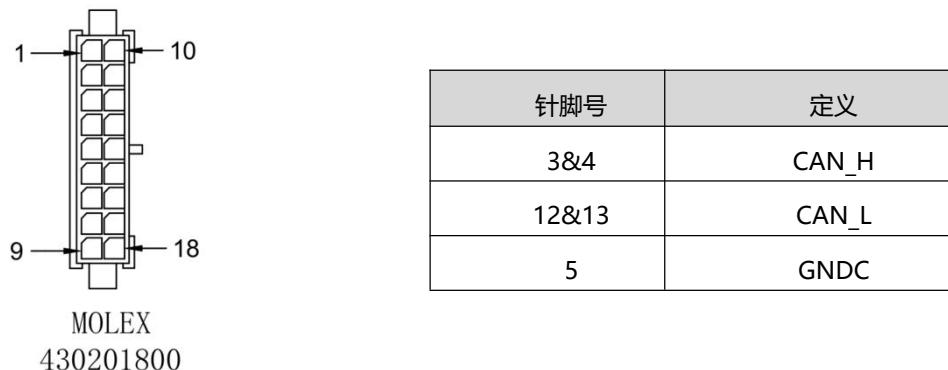


图 9-1 iSMK 驱动器 canopen 定义

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。CAN 通讯接口管脚名称及功能如表 9-2 和图 9-1 所示。

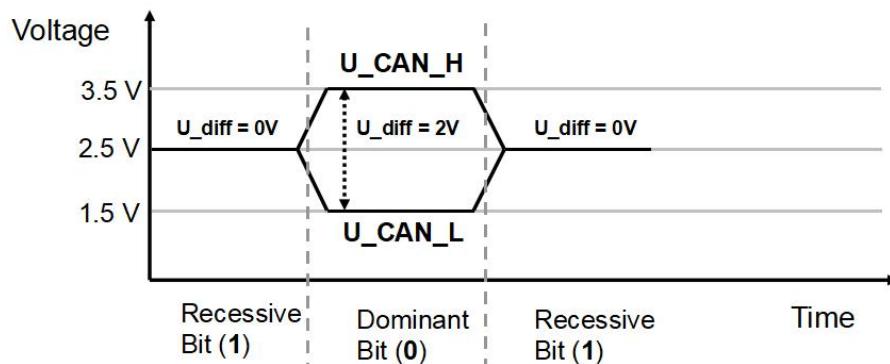


图 9-2 CAN 信号标识

### 注意：

- 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。
- 主站端和最后一个从站端需要接 120 欧姆的终端电阻。FD1X5 驱动器自带终端电阻拨码 SW1，拨为 ON 开启终端电阻。更改终端电阻拨码状态后请重启驱动器。
- 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）；
- 各种波特率所理论上能够通讯的最长距离如表 9-3 所示。
- FD1X5 和 iSMK 系列伺服驱动器不需要连接外部 24V 电源给 CAN 供电。

表 9-3 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       |
| 800K         | 50       |
| 500K         | 100      |
| 250K         | 250      |
| 125K         | 500      |
| 50K          | 600      |
| 25K          | 800      |
| 10K          | 1000     |

## 9.3 软件说明

### 9.3.1 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。

### 9.3.2 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

| Byte0                 | Byte1-2 | Byte3 | Byte4-7   |
|-----------------------|---------|-------|-----------|
| SDO Command specifier | 对象索引    | 对象子索引 | 最大 4 字节数据 |

SDO 命令字包含如下信息：

- 下载/上传 (Download/upload)
- 请求/应答 (Request/response)
- 分段/加速传送 (Segmented/expedited transfer)
- CAN 帧数据字节长度，用于后续每个分段的交替清零和置位的触发位 (toggle bit)

SDO 中实现了 5 个请求/应答协议：

- 启动域下载 (Initiate Domain Download)；
- 域分段下载 (Download Domain Segment)；
- 启动域上传 (Initiate Domain Upload)；

- 域分段上传 (Upload Domain Segment) ;
- 域传送中止 (Abort Domain Transfer) 。

其中，下载 (Download) 是指对对象字典进行写操作，上传 (Upload) 指对对象字典进行读操作；读取参数时，使用启动域上传(Initiate Domain Upload )协议；设置参数时，使用启动域下载(Initiate Domain Download) 协议；协议的 SDO 命令字 (SDO CAN 报文的第一个字节) 语法在表 9-4 和表 9-5 中说明，其中 “-” 表示不相关，应为 0）。

表 9-4 启动域下载

| Bit     | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Client→ | 0 | 0 | 1 | - | n | e | s |   |
| ←Server | 0 | 0 | 1 | - | - | - | - | - |

表 9-5 启动域上传

| Bit     | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Client→ | 0 | 0 | 1 | - | - | - | - | - |
| ←Server | 0 | 0 | 1 | - | n | e | s |   |

说明：

n——表示报文数据中无意义数据的字节数【从(8 - n)字节到第 7 字节数据无意义】(当 e=1 且 s=1 时 n 有效，否则 n 为 0)；

e——e=0 时正常传送，e=1 时加速传送；

s——表示是否指明数据长度，0 为数据长度未指明，1 为数据长度指明。

e=0, s=0——由 CiA 保留；

e=0, s=1——数据字节为字节计数器，byte4 是数据低位部分 (LSB)，byte7 是数据高位部分 (MSB)；

e=1——数据字节为将要下载 (download) 的数据。

## SDO 报文格式说明

SDO 的传输为不高于 4 个字节的对象数据传输，报文由 COB-ID 和数据段组成。下表可以看出发送 SDO(RSD)和接收 SDO 的 COB-ID 不一致。

数据段采用“低位在前，高位在后”的排列方式。所有 SDO 报文数据段都必须是八个字节。SDO 传输报文格式如下表所示。

表 9-6 SDO 传输报文格式表

|      | COB-ID        | DLC | Data  |      |       |           |   |   |   |   |
|------|---------------|-----|-------|------|-------|-----------|---|---|---|---|
|      |               |     | 0     | 1    | 2     | 3         | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 主站 → | 0x600+Node_ID | 8   | 发送命令字 | 对象索引 | 对象子索引 | 00        |   |   |   |   |
| ← 从站 | 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 |   |   |   |   |

其中，命令代码指明了该段 SDO 的传输类型和传输数据长度，索引和子索引是传输的对象，数据是该对象的数值。

## SDO 读报文

根据接收的数据长度，接收的 SDO 命令字会有所改变，报文格式如下：

表 9-7 SDO 读报文说明

|    |    | COB-ID        | DLC | Data |      |   |       |   |      |   |   |
|----|----|---------------|-----|------|------|---|-------|---|------|---|---|
|    |    |               |     | 0    | 1    | 2 | 3     | 4 | 5    | 6 | 7 |
| 主站 |    | 0x600+Node_ID | 8   | 40   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | -    | - | - |
| 从站 | 正常 | 0x580+Node_ID | 8   | 4F   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   | - | - |
|    | 正常 | 0x580+Node_ID | 8   | 4B   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   |   | - |
|    | 正常 | 0x580+Node_ID | 8   | 43   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   |   |   |
|    | 错误 | 0x580+Node_ID | 8   | 80   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 错误代码 |   |   |

读取参数时 SDO 报文发送命令字均为 0x40，根据驱动器返回的报文数据长度，接收的命令字会有不同。



### 注意

“-” 表示有数据但不予考虑，写数据时建议写 0，下同。

## SDO 写报文

使用 SDO 对不高于 4 个字节的对象进行修改参数，按照读写方式及内容数据长度的不一致，传输报文各不相同。SDO 写报文如下表所示：

表 9-8 SDO 写报文说明

|    |    | COB-ID        | DLC | Data |      |   |       |   |      |   |   |
|----|----|---------------|-----|------|------|---|-------|---|------|---|---|
|    |    |               |     | 0    | 1    | 2 | 3     | 4 | 5    | 6 | 7 |
| 主站 |    | 0x600+Node_ID | 8   | 2F   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   | - | - |
|    |    | 0x600+Node_ID | 8   | 2B   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   |   | - |
|    |    | 0x600+Node_ID | 8   | 23   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 数据   |   |   |
| 从站 | 正常 | 0x580+Node_ID | 8   | 60   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | -    | - | - |
|    | 错误 | 0x580+Node_ID | 8   | 80   | 对象索引 |   | 对象子索引 |   | 错误代码 |   |   |

写入参数时，SDO 报文发送时命令字与对象的数据长度有关，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。

### 举例：

从站站号为 1，用 SDO 写对象目标位置 607A.00，写入数值为 100000，即 0x186A0，主站发送报文如下表所示。(所有均为 16 进制)

#### 主站发送 SDO 报文

| COB-ID | DLC | Data |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|
|        |     | 0    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 0x601  | 8   | 23   | 7A | 60 | 00 | A0 | 86 | 01 | 00 |

## 写入正常驱动器接收 SDO 报文

| COB-ID | DLC | Data |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|
|        |     | 0    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 0x601  | 8   | 60   | 7A | 60 | 00 | A0 | 86 | 01 | 00 |

若写入不正常，则返回错误命令字 0x80

| COB-ID | DLC | Data |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|
|        |     | 0    | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  |
| 0x601  | 8   | 80   | 7A | 60 | 00 | 01 | 00 | 01 | 06 |

表 9-9 SDO 报文错误代码

| 错误代码       | 代码功能描述                        |
|------------|-------------------------------|
| 0x05040001 | 无效命令，未知或非法的 Client/Server 命令字 |
| 0x06010001 | 试图读只写对象参数                     |
| 0x06010002 | 试图写只读对象参数                     |
| 0x06020000 | 无效索引，对象字典中不存在该对象              |
| 0x06040041 | 无法映射，对象参数不支持映射到 PDO           |
| 0x06060000 | 驱动器处于报错故障状态导致对象参数访问失败         |
| 0x06070010 | 数据类型不匹配，服务参数长度不匹配             |
| 0x06070012 | 数据类型不匹配，服务参数长度太大              |
| 0x06070013 | 数据类型不匹配，服务参数长度太短              |
| 0x06090011 | 无效子索引                         |
| 0x06090030 | 无效数据，超出对象参数设定范围               |
| 0x06090031 | 写入数据数值太大                      |
| 0x06090032 | 写入数据数值太小                      |
| 0x08000022 | 由于当前设备状态导致数据不能传送或保存到应用        |

表 9-10 通过 SDO 报文设定原点模式

| 参数地址   | 名称       | 数值     | 报文(ID=1)   |
|--|----------|--------|--|
| 60400010   | 控制字      | F      | 发→601 2B 40 60 00 0F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 0F 00 00 00 |
| 60600008   | 工作模式     | 6      | 发→601 2F 60 60 00 06 00 00 00<br>收←581 60 60 60 00 06 00 00 00 |
| 60980008   | 原点模式     | 33     | 发→601 2F 98 60 00 21 00 00 00<br>收←581 60 98 60 00 21 00 00 00 |
| 60990120   | 原点转折信号速度 | 200RPM | 发→601 23 99 60 01 03 9D 36 00<br>收←581 60 99 60 01 03 9D 36 00 |
| 60990220   | 原点信号速度   | 100RPM | 发→601 23 99 60 02 82 4E 1B 00<br>收←581 60 99 60 02 82 4E 1B 00 |
| 60400010   | 控制字      | 1F     | 发→601 2B 40 60 00 1F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 1F 00 00 00 |
| 发送 601 40 41 60 00 00 00 00 00 读状态字，驱动器回复 581 4B 41 60 00 31 C0 FF FF，bit15=1 代表原点找到 |          |        |  |

表 9-11 通过 SDO 报文设定位置模式

| 参数地址  | 名称    | 数值       | 报文(ID=1)   |
|---|-------|----------|--|
| 60400010  | 控制字   | 2F       | 发→601 2B 40 60 00 2F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 2F 00 00 00 |
|   |       | 4F       | 发→601 2B 40 60 00 4F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 4F 00 00 00 |
| 60600008  | 工作模式  | 1        | 发→601 2F 60 60 00 01 00 00 00<br>收←581 60 60 60 00 01 00 00 00 |
| 607A0020  | 目标位置  | 50000inc | 发→601 23 7A 60 00 50 C3 00 00<br>收←581 60 7A 60 00 50 C3 00 00 |
| 60810020  | 梯形速度  | 200RPM   | 发→601 23 81 60 00 03 9D 36 00<br>收←581 60 81 60 00 03 9D 36 00 |
| 60830020  | 梯形加速度 | 100rps/s | 发→601 23 83 60 00 6E A3 01 00<br>收←581 60 83 60 00 6E A3 01 00 |
| 60840020  | 梯形减速度 | 100rps/s | 发→601 23 84 60 00 6E A3 01 00<br>收←581 60 84 60 00 6E A3 01 00 |
| 60400010  | 控制字   | 3F       | 发→601 2B 40 60 00 3F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 3F 00 00 00 |
|   |       | 5F       | 发→601 2B 40 60 00 5F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 5F 00 00 00 |
| 发送 601 40 41 60 00 00 00 00 00 读状态字，驱动器回复 581 4B 41 60 00 37 C4 FF FF,bit10 代表目标位置到 |       |          |  |

表 9-12 通过 SDO 报文设定速度模式

| 参数地址     | 名称    | 数值       | 报文(ID=1)   |
|----------|-------|----------|--|
| 60600008 | 工作模式  | 3        | 发→601 2F 60 60 00 03 00 00 00<br>收←581 60 60 60 00 03 00 00 00 |
| 60FF0020 | 目标速度  | -100RPM  | 发→601 23 FF 60 00 7E B1 E4 FF<br>收←581 60 FF 60 00 7E B1 E4 FF |
| 60400010 | 控制字   | 2F       | 发→601 2B 40 60 00 2F 00 00 00<br>收←581 60 40 60 00 2F 00 00 00 |
| 60830020 | 梯形加速度 | 100rps/s | 发→601 23 83 60 00 6E A3 01 00<br>收←581 60 83 60 00 6E A3 01 00 |
| 60840020 | 梯形减速度 | 100rps/s | 发→601 23 84 60 00 6E A3 01 00<br>收←581 60 84 60 00 6E A3 01 00 |

**注意：报文以 16 进制表示，本案例使用的电机分辨率为 65536**

### 9.3.3 PDO 说明

PDO 一次性可传送 8 个字节的数据，没有其它协议预设定（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。

### 9.3.3.1 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 9-3 所示。

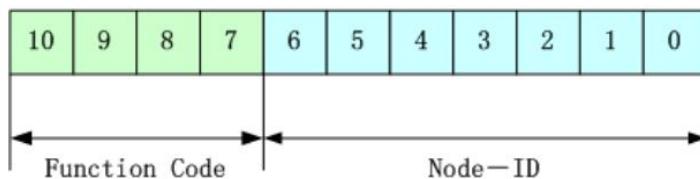


图 9-3 缺省 ID 说明图

#### 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 9-13 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-3FFFH |
| PDO3 (接收)          | 401H-47FH  |
| PDO4 (发送)          | 481H-4FFFH |
| PDO4 (接收)          | 501H-57FH  |
| SDO (发送/服务器)       | 581H-5FFFH |
| 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。

### 9.3.3.2 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 FD1X5 和 iSMK 系列伺服驱动器是按标准的 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。

### 9.3.3.3 PDO 传输类型

- 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。该方式下伺服驱动器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。该方式下伺服驱动器每接收到 n 个同步报文后，PDO 里的数据发送一次。

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。

| TPDO 设置 (专家模式) |        |            |          |      |
|----------------|--------|------------|----------|------|
|                | Index  | Name       | Value    | Unit |
| 1              | 1A0000 | TPDO1 映射组  | 2        | DEC  |
| 2              | 1A0001 | TPDO1 映射1  | 60630020 | HEX  |
| 3              | 1A0002 | TPDO1 映射2  | 60410010 | HEX  |
| 4              | 1A0003 | TPDO1 映射3  |          | HEX  |
| 5              | 1A0004 | TPDO1 映射4  |          | HEX  |
| 6              | 1A0005 | TPDO1 映射5  |          | HEX  |
| 7              | 1A0006 | TPDO1 映射6  |          | HEX  |
| 8              | 1A0007 | TPDO1 映射7  |          | HEX  |
| 9              | 1A0008 | TPDO1 映射8  |          | HEX  |
| 10             | 180001 | TPDO1 站号   | 00000181 | HEX  |
| 11             | 180002 | TPDO1 传输类型 | 1        | DEC  |
| 12             | 180003 | TPDO1 禁止时间 | 0        | DEC  |
| 13             | 180005 | TPDO1 事件时间 |          | DEC  |

图 9-4 同步模式下 TPDO 配置

表 9-14 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。

默认同步报文的为

| COB-ID | DLC |
|--------|-----|
| 0x80   | 0   |

- 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 FD1X5 和 iSMK 系列伺服驱动器, 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。

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 9-5 异步传输模式下 TPDO 配置

表 9-15 异步传输模式下 PDO 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。

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。

## ● 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。



图 9-6 异步模式下使用事件时间定时上传

表 9-16 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                              | 使用事件时间上传时, 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                |
| 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 |   |

### 9.3.3.4 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、主站心跳报文

从站以“监督时间”周期性的上传报文到主站，如果超过“心跳消费者时间”后主站还没有收到从站的下一个心跳报文，那么主站判断通讯出错，主站产生报警！

表 9-17 从站上传心跳报文格式

| COB-ID                | Byte 0 |
|-----------------------|--------|
| 0x700+Node_ID         | 状态     |
| 案例报文(从站 ID=1): 701 05 |        |

#### 2、从站心跳报文

主站以“监督时间”周期性的发送报文到从站，如果超过“心跳生产者时间”从站还没有收到主站的下一个心跳报文，那么从站判断通讯出错！当通讯中断模式（0x600700 设置）为 1，CAN 通讯出错时驱动器报警停机。

表 9-18 主站下发的心跳报文格式

| COB-ID                  | Byte 0 |
|-------------------------|--------|
| 0x700+主站 ID             | 主站状态   |
| 案例报文(主站 ID=127): 77F 05 |        |

表 9-19 状态值含义

| 状态值  | 含义                   |
|------|----------------------|
| 0x00 | 启动(boot-up)          |
| 0x04 | 停止(Stopped)          |
| 0x05 | 运行(Operational)      |
| 0x7f | 预操作(Pre-operational) |

当一个 Heartbeat 节点启动后它的 Boot-up 报文是其第一个 Heartbeat 报文。



#### 注意

心跳报文产生时间以及从站心跳报文由主站上电配置，默认断电不保存。

#### 3、节点保护

主站以“监督时间”周期性的发送远程请求报文到从站，从站接收到后即回应，如果超过“监督时间\*寿命因子”时间后，主站还没有收到从站回应的报文，主站判断从站出错。同时，从站也可以监控主站的远程请求状态，从收到的第一条远程帧开始启动通讯保护，如果超过“节点保护时间\*节点保护系数”时间没有收到主站远程帧，从站也会判断通讯出错。需设置通讯中断模式（0x600700）为 1，CAN 通讯出错时驱动器才会报警停机。

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

表 9-20 从站应答报文

| COB-ID        | Byte 0                |
|---------------|-----------------------|
| 0x700+Node_ID | Bit7:触发位 Bit6-Bit0:状态 |

表 9-21 从站应答报文状态值含义

| 状态值 | 含义                   |
|-----|----------------------|
| 0   | 初始化(Initializing)    |
| 1   | 未连接(Disconnected)    |
| 2   | 连接(Connecting)       |
| 3   | 准备(Preparing)        |
| 4   | 停止(Stopped)          |
| 5   | 运行(Operational)      |
| 127 | 预操作(Pre-operational) |

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 到位 6 (bit0 ~ 6) 则用来表示节点状态, 数值含义如表 9-20 所示。

标准的 CAN 从站一般都只支持一种节点保护方式, FD1X5 和 iSMK 系列伺服驱动器两种保护方式都支持。但一个节点不能够同时支持节点保护和心跳报文, 只能选其中一种作为保护。

### 9.3.3.5 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 9-7 所示。

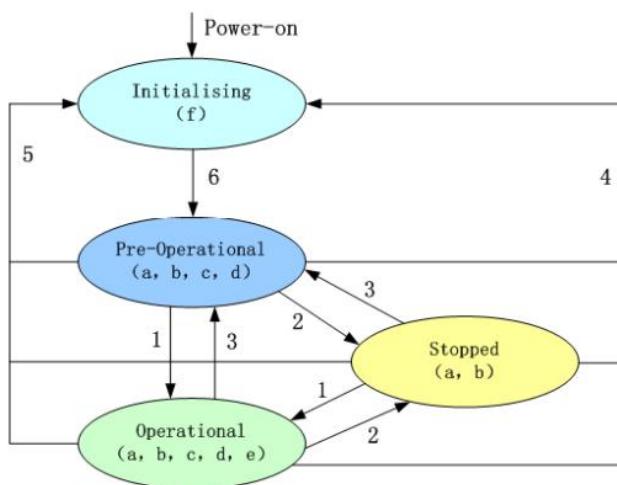


图 9-7 节点状态转换图

**注意：图中括号内的字母表示处于不同状态时，可以使用的通讯对象。**

其中：  
 a——NMT                    d——Emergency                    b——Node Guard  
 e——PDO                    c——SDO                            f——Boot-up

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。设备在初始化结束后，自动进入 Pre\_Operational 状态，发送 Boot-up 消息。NMT 消息格式如下：NMT-Master → NMT Slave(s)

表 9-22 NMT 管理报文格式

| COB-ID | Byte0 | Byte1   |
|--------|-------|---------|
| 0x000  | CS    | Node-ID |

当 Node-ID=0 时，表示所有的 NMT 从设备被寻址。CS 是命令字，其取值如表 9-23 所示。

表 9-23 CS 取值表

| 命令字  | NMT 服务  |
|------|---------|
| 0x01 | 开启远程节点  |
| 0x02 | 关闭远程节点  |
| 0x80 | 进入预操作状态 |
| 0x81 | 复位节点    |
| 0x82 | 复位通讯    |

### 9.3.3.6 应急报文说明

当设备内部出现致命错误将触发应急报文，由应用设备以最高优先级发送到其他设备。一条应急报文由 8 字节组成。

表 9-24 应急报文格式

| COB-ID             | Byte 0-1           | Byte2           | Byte4-5          | Byte6-7       |
|--------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| 紧急报文站号<br>0x101400 | 应急错误代码<br>0x603F00 | 错误寄存器(0x100100) | 错误状态<br>0x260100 | 错误状态 0x260200 |

表 9-25 应急错误代码 0x603F00

| 报警内容           | 应急错误代码(Hex) | 报警内容        | 应急错误代码(Hex) |
|----------------|-------------|-------------|-------------|
| 通讯式编码器没有连接     | 0x7331      | 电流传感器故障     | 0x5210      |
| 通讯式编码器多圈错误     | 0x7320      | 软件看门狗复位     | 0x6010      |
| 通讯式编码器校验错误     | 0x7330      | 异常中断        | 0x6011      |
| 驱动器温度过高        | 0x4210      | MCU 故障      | 0x7400      |
| 驱动器总线电压过高      | 0x3210      | 电机型号配置错误    | 0x6320      |
| 驱动器总线电压过低      | 0x3220      | 电机动力线缺相     | 0x6321      |
| 驱动器功率部分短路或电机短路 | 0x2320      | 预使能报警       | 0x5443      |
| 电流采样饱和         | 0x2321      | 正限位报错       | 0x5442      |
| 驱动器制动电阻异常      | 0x7110      | 负限位报错       | 0x5441      |
| 实际跟随误差超过允许     | 0x8611      | SPI 故障      | 0x6012      |
| 逻辑电压低          | 0x5112      | 总线通讯错误      | 0x8100      |
| 电机或驱动器过载       | 0x2350      | 总线通讯超时      | 0x81FF      |
| 输入脉冲频率过高       | 0x8A80      | 全闭环检查错误     | 0x8A81      |
| 电机温度过高         | 0x4310      | 主编码器 ABZ 故障 | 0x7382      |
| 通讯式编码器没有回应     | 0x7331      | 主编码器计数错误    | 0x7306      |
| EEPROM 数据错误    | 0x6310      |             |             |

表 9-26 错误寄存器

| Bit | 错误类型     |
|-----|----------|
| 0   | 一般错误     |
| 1   | 电流       |
| 2   | 电压       |
| 3   | 温度       |
| 4   | 通讯错误     |
| 5   | 设备配置文件特定 |
| 6   | 编码器      |
| 7   | 保留       |

## 9.4 CANopen 总线通信设置

本章节将介绍 CAN 总线通讯参数的设置，在上位机软件界面中点击**专家模式->ECAN 配置->ECAN 设置**进入参数设置界面。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。

表 9-27 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  |      |
| 2F810008   | CAN 波特率     | CAN 波特率设置<br>100: 1M<br>50: 500k<br>25: 250k<br>12: 125k<br>5: 50k<br>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。<br>0: 1ms<br>1: 2ms<br>2: 4ms<br>3: 8ms  | 2    |
| 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    |

| CANopen 地址 | 参数名称            | 含义  | 默认值 |
|------------|-----------------|---|-----|
| 30110410   | ECAN 同步<br>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<br>0: 不处理<br>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。



#### Note

EDS 文件下载地址: [http://download.kinco.cn/D\\_Software/Servo/EDS.zip](http://download.kinco.cn/D_Software/Servo/EDS.zip)

## 9.5 基于 CANopen 的插补模式

插补模式适用于单轴运算控制以及多轴的同步控制, 由主站进行运动轮廓规划, 目标位置在同步模式下周期性更新。在上位机软件界面中点击**专家模式->ECAN 配置->ECAN 设置**进入插补模式参数设置界面。

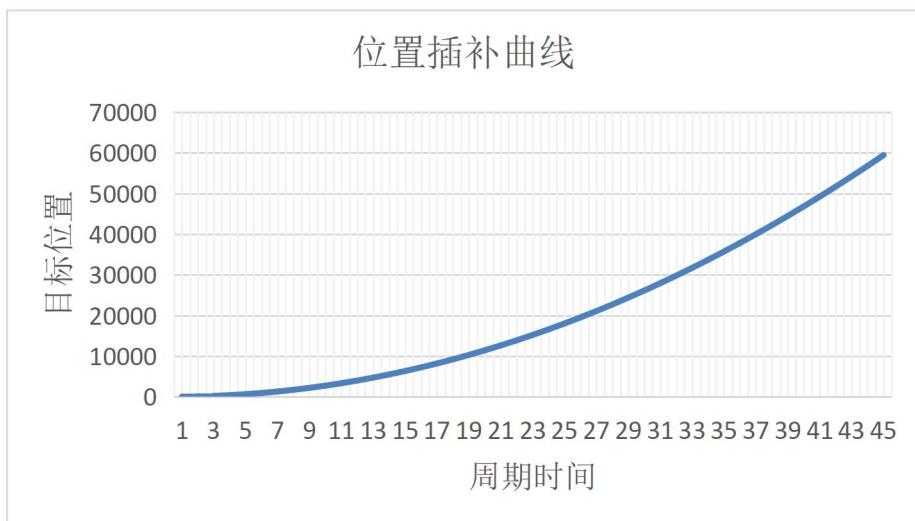


图 9-8 位置插补曲线

表 9-28 插补控制相关参数

| 内部地址     | 参数名称        | 含义  | 设置值           |
|----------|-------------|---|---------------|
| 60600008 | 工作模式        | 设定工作模式为插补模式   | 7             |
| 60400010 | 控制字         | 0x1F 使能驱动器, 运行插补模式<br>0x06 松轴, 关闭驱动器使能<br>0x86 复位驱动器故障            | 1F<br>6<br>86 |
| 607A0020 | 目标位置        | 目标绝对/相对位置   | 用户定义          |
| 30110108 | ECAN 同步周期   | 插补模式下根据主站同步报文周期设置<br>设置值 同步周期<br>0 1ms<br>1 2ms<br>2 4ms<br>3 8ms | 用户定义          |
| 30110208 | ECAN 同步时钟模式 | 插补模式时设成 1 开启时钟同步, 非插补模式时设成 0 关闭时钟同步。                              | 0             |
| 30110410 | ECAN 同步丢失计数 | 插补模式下监控同步通讯状态, 数值不断变化说明通讯有干扰或同步周期与主站设置不一致                         | /             |

### ● 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 9-29 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+驱动器站号  |      |
| 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<br>0: 不处理<br>1: 报错   | 0    |

## 第 10 章 报警排除

### 10.1 错误和历史错误

**错误：**点击“驱动器”→“故障显示”，或点击  按钮（错误发生时会变为 ），错误窗口会弹出，并显示最近一次的错误信息。可根据第 10 章 10.2 章节查看出现故障的原因进行故障排除。



图 10-1 错误显示界面

**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。最新的历史故障显示在第一行。

| 历史故障 |      |     |    |    |               |           |          |   |
|------|------|-----|----|----|---------------|-----------|----------|---|
| Code | DC V | RPM | Ap | °C | OperationMode | PWM State | Time Min |   |
| 1    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 2    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 3    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 4    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 5    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 6    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 7    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |
| 8    | 0    | 0   | 0  | 0  | 0             | 0         | 0        | 0 |

图 10-2 历史错误显示界面

表 10-1 错误状态 (2601.00) 信息

| 位  | 错误名称          | 错误码    | 描述                    |
|----|---------------|--------|-----------------------|
| 0  | 扩展错误          |        | 参考错误状态 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 | 散热器温度过高               |
| 5  | 驱动器总线电压过高     | 0x3210 | 总线电压过高                |
| 6  | 驱动器总线电压过低     | 0x3220 | 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 | 实际跟随误差超过设置的最大跟随误差     |
| 10 | 逻辑电压低         | 0x5112 | 逻辑电源电压过低              |
| 11 | 电机或驱动器 IIt 故障 | 0x2350 | 电机或驱动器功率管 IIt 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 数据校验错误         |

表 10-2 错误状态 2 (2602.00) 信息

| 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 中没有电机配置信息/电机从未配置                            |
| 5~7 |             |        | 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，预使能输入口无有效输入                  |
| 9   | 正限位报错       | 0x5442 | 正限位（找原点后有效），正限位报错仅在限位功能定义 (2010.19) 设为 0 时才会产生故障报警 |
| 10  | 负限位报错       | 0x5441 | 负限位（找原点后有效），负限位报错仅在限位功能定义 (2010.19) 设为 0 时才会产生故障报警 |
| 11  | SPI 故障      | 0x6012 | 内部固件错误或 SPI 处理错误                                   |
| 12  | CAN 总线中断    | 0x8100 | 通讯中断模式(6007.00)设置为 1 时才会产生故障报警                     |
| 13  | 全闭环故障       | 0x8A81 | 全闭环工作状态下，主编码器计数方向与电机编码器计数方向相反                      |
| 14  | 主编码器 ABZ 故障 | 0x7382 | 主编码器连接错误   |
| 15  | 主编码器计数错误    | 0x7306 | 主编码器索引信号异常   |

**提醒**

在每个错误项旁边都有一个屏蔽（掩码）选择框，默认为全部勾选， 表示可以被取消， 表示不可被取消。未被勾选 表示对应的错误项将会被忽略。错误掩码也可以通过对象错误掩码 (2605.01) 和错误掩码 2 (2605.04) 进行设置（见表 10-4）。

表 10-3 错误扩展 (2605.07) 信息

| 位  | 错误名称     | 错误码    | 描述                 |
|----|----------|--------|--------------------|
| 0  | 原点记录错误   | 0x5210 | 电流传感器信号偏移或波纹过大     |
| 1  | 内部制动电阻过温 | 0x7111 | 内部制动电阻实际功率过大       |
| 2  | 内部制动电阻短路 | 0x7112 | 内部制动单元损坏，制动电路短路    |
| 3  | 电机缺相     | 0x6321 | 电机动力线 UVW 中某相未连接   |
| 4  | ADC 采样饱和 | 0x2321 | 电流采样 ADC 达到极限，电流失控 |
| 12 | 服务超时     | 0x81FF | 通讯总线错误扩展           |

表 10-4 错误掩码

| 内部地址    | 数据类型   | 名称               | 描述   | 默认值    |
|---------|--------|------------------|--|--------|
| 2605.01 | Uint16 | 错误掩码             | 错误状态 (2601.00) 的掩码。位 = 0 代表相应的错误项将会被忽略。                              | 0xFFFF |
| 2605.02 | Uint16 | 错误保存掩码<br>-使能    | 驱动器处于使能状态时，错误状态 (2601.00) 在故障历史中的掩码。<br>位=0 代表相应的错误项不会被保存在故障历史中。     | 0xFBFF |
| 2605.03 | Uint16 | 错误保存掩码<br>-未使能   | 驱动器处于使能关闭状态时，错误状态 (2601.00) 在故障历史中的掩码。<br>位=0 代表相应的错误项不会被保存在故障历史中。   | 0x0000 |
| 2605.04 | Uint16 | 错误掩码 2           | 错误状态 2 (2602.00) 的掩码。位=0 代表相应的错误项将会被忽略。                              | 0xFFFF |
| 2605.05 | Uint16 | 错误保存掩码<br>-使能 2  | 驱动器处于使能状态时，错误状态 2 (2602.00) 在故障历史中的掩码。<br>位=0 代表相应的错误项不会被保存在故障历史中。   | 0xF1FF |
| 2605.06 | Uint16 | 错误保存掩码<br>-未使能 2 | 驱动器处于使能关闭状态时，错误状态 2 (2602.00) 在故障历史中的掩码。<br>位=0 代表相应的错误项不会被保存在故障历史中。 | 0x003F |

## 10.2 报警原因及处理措施

当驱动器报警时，驱动器红色 ERR 灯将会常亮。

若想查询更详细的错误信息和错误历史记录，请用 RS485 串口通讯线（或 usb 调试线）将驱动器连接到电脑上位机查看。

表 10-5 错误状态字 1 报警代码

| 报警代码  | 报警信息          | 报警原因                                 | 处理措施   |
|-------|---------------|--------------------------------------|--|
| FFF.F | 未配置电机/电机配置不正确 | 1、驱动器未配置电机。<br>2、当前电机型号与驱动器保存的电机型号不同 | 1、驱动器出厂参数中不含电机配置，连接电机编码器线后即可自动识别电机参数。<br>2、连接上位机软件检查当前电机型号与铭牌中的 motor code 是否匹配；当前电机型号和实际连接电机不同时，请重新自识别电机参数。       |
| 000.1 | 扩展错误          | 错误状态字 2 报警                           | 查看错误状态字 2，根据报警代码检查错误含义。  |
| 000.2 | 编码器通讯故障       | 编码器线出错或未连接；与 400.0 报警同时出现表示通讯式编码器无回应 | 步骤 1：确认驱动器与电机间编码器接线正确，线缆连接牢固。<br>步骤 2：通过上位机软件检查当前电机型号与铭牌中的 motor code 是否匹配。当前电机型号和实际连接电机不同时，请参考 4.2 章节操作重新自识别电机参数。 |

|       |            |                              |   |
|-------|------------|------------------------------|---|
| 000.4 | 编码器内部故障    | 多圈绝对值编码器的多圈数据无效，需复位          | 步骤 1: 通过上位机软件修改通讯式编码器数据复位 (0x269000) 数据为 10。<br>步骤 2: 复位故障或重启驱动器。如果错误仍然存在，请检查电池线是否连接牢固，可尝试更换电池线或电机比对。   |
| 000.8 | 编码器 CRC 错误 | 电机型号设置错误；<br>编码器接线错误或外部干扰造成； | 1、电机配置是否正确<br>步骤 1：通过上位机软件检查当前电机代码与所连的电机铭牌中的 motor code 是否一致。<br>步骤 2：确认驱动器与电机间编码器接线正确，线缆连接牢固。<br>2、检查驱动器接地线是否连接良好（不同于电机 PE 线）<br>3、检查整个设备的接地线是否连接良好。<br>4、使用独立的电源给驱动器供电。                         |
| 001.0 | 驱动器温度过高    | 驱动功率模块的温度到达报警值               | 步骤 1：检查电机以及驱动器功率是否满足要求。<br>步骤 2：重启驱动器，检查上电过程中散热风扇是否能正常开启。检查驱动器外壳中的散热孔是否堵塞。<br>步骤 3：环境温度超过 40° 工况下，电气柜内需做好散热措施或降额使用。<br>步骤 4：适当增加驱动器安装距离<br>步骤 5：驱动器内部功率电路损坏，更换驱动器。                                |
| 002.0 | 总线电压过高     | 直流总线电压超过过压报警点                | 步骤 1：检查动力电源电压是否在驱动器输入电压范围内，电源电压是否稳定。<br>步骤 2：高速制动场合产生的能量将反馈到驱动器母线电容中，可考虑连接合适的制动电阻，将多余的能量通过制动电阻来吸收消耗。<br>步骤 3：制动电阻阻值太大会导致母线能量泄放不及时，需降低制动电阻阻值。<br>注：iSMK 系列不支持外接制动电阻，FD1X5 系列制动电阻推荐范围请查看 3.2.2.1 章节 |
| 004.0 | 总线电压过低     | 直流总线电压低于低压报警点                | 步骤 1：检查动力电源电压是否在驱动器输入电压范围内，电源电压是否稳定。<br>步骤 2：先上动力电源再上逻辑电源，确保使能前驱动器已经通上动力电源。   |
| 008.0 | 驱动器输出短路    | 瞬时电流超过了过流保护值                 | 步骤 1：检查电机配置参数与电机图纸是否一致。<br>步骤 2：检查动力线 UVW 间是否存在短路，可尝试更换动力线缆/电机/驱动器比对。<br>步骤 3：干扰导致过流报警，参考 3.4 设置 EMC 条件。  |
| 010.0 | 制动电阻异常     | 外部制动电阻过载；                    | 步骤 1：通过上位机检查外部制动电阻阻值和制动电阻功率是否设置正确。<br>步骤 2：制动电阻功率不足，更换更大功率的制动电阻。  |
|       |            | 内部制动电阻过温；                    | 驱动器内部制动电阻的功率不足，请断开 RB+ 与 RB- 端的短接线，在 RB+ 与 RB- 端连接合适的外部制动电阻。  |
|       |            | 内部制动单元损坏，制动电路短路；             | 驱动器断电后用万用表测量 DC- 与 RB- 端，如果导通，则需更换驱动器。  |

|       |               |  |  |
|-------|---------------|--|--|
| 020.0 | 实际跟随误差超过允许    | 实际跟随误差超过了设定的最大跟随误差值，可能的原因有：<br>1. 电机线接线不正确<br>2. 控制环刚性太小<br>3. 最大跟随误差设置值太小<br>4. 目标速度超过最大速度限制<br>5. 目标扭矩限制值过小<br>6. 抱闸未打开<br>7. 机械装置卡塞/摩擦力 | 步骤 1：确保正确连接动力线 UVW<br>步骤 2：重新调整增益，加大刚性，刚性调整方法请参考第五章节<br>步骤 3：重新调整最大跟随误差(0x606500)<br>步骤 4：重新调整最大速度限制(0x607f00)<br>步骤 5：重新调整目标电流限制(0x607300)，目标电流限制默认值等于电机最大电流(0x64100B)<br>步骤 6：测量抱闸线连接是否正常，测量抱闸电压，更换电机比对测试<br>步骤 7：消除机械卡塞问题，加涂润滑剂 |
| 040.0 | 逻辑电源过低        | 逻辑电压低于报警下限   | 检查逻辑电压是否在驱动器输入电压范围内，电源电压是否稳定   |
| 080.0 | 电机或驱动器 IIT 错误 | 电机或驱动器长时间过载运行，可能的原因有：<br>1. 电机动力线以及编码器接线错误<br>2. 电机轴旋转时，抱闸未松放<br>3. 驱动器控制环参数设置不当<br>4. 机械装置被卡住或摩擦力过大<br>5. 驱动器/电机选型错误无法满足应用要求              | 步骤 1：检查确认编码器/动力线连接正确<br>步骤 2：测量抱闸线连接是否正常，测量抱闸电压，更换电机比对测试<br>步骤 3：重新调整控制环参数<br>步骤 4：消除机械卡塞问题，加涂润滑剂<br>步骤 5：减小负载运行或更换更大功率的产品   |
| 100.0 | 频率过高          | 外部脉冲输入频率过高   | 1、降低脉冲频率<br>2、使用超过 600KHz 脉冲时，需要增加脉冲频率控制 0x250808 的值。  |
| 200.0 | 电机温度过高        | 输入口定义并触发电机故障   | 用户自定义报警  |
| 400.0 | 编码器信息错误       | 编码器线出错或未连接；与 000.2 报警同时出现表示通讯式编码器无回应   | 步骤 1：确认驱动器与电机间编码器接线正确，线缆连接牢固。<br>步骤 2：通过上位机软件检查当前电机型号与铭牌中的 motor code 是否匹配。当前电机型号和实际连接电机不同时，请设置正确的电机参数。  |
| 800.0 | EEPROM 错误     | EEPROM 读写数据时，数据损坏  | 步骤 1：初始化控制环参数后存储控制参数，重启驱动器<br>步骤 2：通过上位机软件导入 cdi 文件  |

表 10-6 错误状态字 2 报警代码

| 报警代码  | 报警信息    | 报警原因                           | 处理措施   |
|-------|---------|--------------------------------|--|
| 000.1 | 电流传感器故障 | 电流传感器偏移或纹波过大                   | 步骤 1：电流传感器受外部干扰导致报警，请参考 3.4 设置 EMC 条件。<br>步骤 2：电流传感器电路损坏，更换驱动器比对 |
| 000.2 | 看门狗报错   | 软件看门狗异常                        | 初始化控制环参数后存储控制参数重启驱动器   |
| 000.4 | 异常中断    | 中断异常或中断无效                      | 初始化控制环参数后存储控制参数重启驱动器   |
| 000.8 | MCU 故障  | 1. 软件程序与硬件不匹配<br>2. 检测到 MCU 错误 | 步骤 1：检查驱动器属性中的软件版本，更新正确的软件<br>步骤 2：更换驱动器比对                       |

|       |             |   |  |
|-------|-------------|---|--|
| 001.0 | 电机配置错误      | 1.无法自动识别电机型号<br>EEPROM 无电机数据或者<br>电机没有被正确配置<br>2.电机线缺失,动力线 UVW<br>某相未连接 | 步骤 1：连接上位机软件检查当前电机型号与铭牌中的 motor code 是否匹配；当前电机型号和实际连接电机不同时，请重新设置正确的电机参数。<br>步骤 2：确认电机动力线 UVW 连接正确且连接可靠<br>步骤 3：更换动力线或驱动器对测试。   |
| 010.0 | 预使能报警       | DIN 配置了预使能功能，需<br>确认预使能信号有效输入再<br>使能驱动器                                 | 用户自定义报警  |
| 020.0 | 正限位报错       | 正限位信号被触发，仅在限<br>位功能定义 (0x201019) 设<br>为 0 时才会产生故障报警                     | 用户自定义报警  |
| 040.0 | 负限位报错       | 负限位信号被触发，仅在限<br>位功能定义 (0x201019) 设<br>为 0 时才会产生故障报警                     | 用户自定义报警  |
| 080.0 | SPI 故障      | 内部固件在处理 SPI 时出错   | 请联系供货商   |
| 100.0 | CAN 总线故障    | 通讯中断模式 (0x600700)<br>设为 1 时才会开启   | 用户自定义报警  |
| 200.0 | 全闭环故障       | 全闭环模式下，主编码器计<br>数方向与电机编码器计数方<br>向相反                                     | 步骤 1：检查主编码器计数方向与电机编码器计数方向，<br>计数方向不一致请更改主编码器计数方向(0x250A03)<br>步骤 2：主编码器速度与电机编码器速度比例关系不一致。<br>检查机械安装，排除机械打滑或卡塞，检查全闭环主轴检<br>查(0x250A05)和全闭环从轴检查(0x250A06)以及全闭环<br>比例检测(0x250A09)设置值。 |
| 400.0 | 主编码器 ABZ 故障 | 主编码器连接错误  | 检查主编码器信号线连接是否正确  |
| 800.0 | 主编码器计数错误    | 主编码器索引信号异常  | 步骤 1：正确填写主编码器周期(0x250A01)，设置为 0 不<br>开启检查。<br>步骤 2：排查干扰  |

表 10-7 性能异常及解决方案

| 异常现象              | 报警原因  | 处理措施   |
|-------------------|---|--|
| 电机空载运行出现<br>异响或震荡 | 1、接线错误<br>2、控制环参数设置不当<br>3、机油封安装不当或电机故障   | 使用标准的动力线，编码器线以及控制线，确保线缆接线正确且无<br>松动现象，线缆无破损。<br>初始化控制参数—存储控制参数重启后再尝试运行。<br>手扭动电机轴承检查电机是否异常，尝试重新安装机油封。  |
| 定位不准              | 1、控制环参数不当<br>2、齿轮前脉冲数据与控制器下发<br>的脉冲个数不一致<br>3、电子齿轮比设置过大<br>4、往复运动累积误差<br>5、机械系统因素 | 根据第五章节调整驱动器控制环参数<br>脉冲线使用带屏蔽的双绞线缆，线缆较长时需适当加大控制线的线<br>径。脉冲线尽可能远离电源线，驱动器与电机接地良好。<br>恢复出厂齿轮比运行。<br>在工艺允许的条件下将机械回原，在累积误差超过允许前搜索原点。<br>检查联轴设备是否安装牢固，滑轮或齿轮咬合良好，负载惯量是否<br>过大，尝试减轻负载或更换更大功率的电机等。 |

## 附录一 配置第三方电机的方法

| 名称        | 参数   | 备注  |
|-----------|------|---|
| 电机极对数     | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 电机最大电流    | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 相电感       | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 相电阻       | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 反向电动势     | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 扭矩系数      | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 转子惯量      | 必填   | 请参考电机图纸   |
| 抱闸占空比     | 参考备注 | 90%   |
| 抱闸延时      | 参考备注 | 150ms   |
| 电机型号      | 参考备注 | FD1x5 驱动器目前只支持多摩川编码器协议，设置如下：<br>多摩川：VX  |
| 使用内部电机库   | 参考备注 | 设置为 1 或者 2 皆可   |
| 反馈类型      | 参考备注 | 根据编码器反馈类型，设置对应值。<br>Bit0：UVW 接线检查<br>Bit2：通讯式接线检查<br>Bit4：ABZ 接线检查<br>Bit5：省线式编码器<br>多摩川编码器设置为：04 |
| 反馈精度      | 参考备注 | 编码器反馈精度<br>增量式：编码器的线数×4<br>通讯式：单圈分辨率低于 16 位设置为实际的编码器分辨率；<br>单圈分辨率高于 16 位一般设置为 65536，防止位置溢出。       |
| 反馈周期      | 参考备注 | 增量式：电机转一圈的脉冲数<br>通讯式：定义编码器类型，例如：多摩川编码器的多圈 16 位，<br>单圈 17 位，反馈周期设置为 0x1617                         |
| 励磁模式      | 参考备注 | 模式 0 或者模式 10  |
| 励磁电流      | 参考备注 | 比额定电流小，一般为电机额定电流的 0.75 倍  |
| 励磁时间      | 参考备注 | 默认值 2000ms  |
| 电机 iit 电流 | 参考备注 | 一般设定为额定电流   |
| 电机 iit 时间 | 参考备注 | 一般为 60 秒  |
| 电机电流环带宽   | 参考备注 | 默认值 2000Hz  |



### 注意

- 在填完以上的表格后，进入我们的上位机软件，找到电机配置选型，把信息依次填入，最后保存电机参数，初始化控制环参数，重启驱动器。
- 上电发现电机没有任何报警，即可开始尝试运行其他控制模式。
- 如果有报警，即对照对应驱动器手册，逐步排查。
- 电机试运行前，需先限制目标电流，防止驱动器输出电流过大。
- 如果发现电机没有任何报警，电机也不转，先检查分辨率有没有设置正确，其次检查 UVW 线有没有接反，有时由于各厂家规范的不同，可能需要对调 UV 线，最后检查励磁模式是否设置正确。

## 附录二 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 $\mu$  | 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  | $DEC = [(RPM * 512 * 编码器分辨率) / 1875]$         |
| 加速度  |      | DEC  | $DEC = [(RPS/S * 65536 * 编码器分辨率) / 4000000]$  |
| 电流   | A    | DEC  | $1Arms = [2048 / (驱动器峰值电流 Ipeak / 1.414)]dec$ |

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。

电流工程单位是 Arms，内部单位是 dec，假设使用的驱动器为 FD125 (驱动器峰值电流 Ipeak 为 48A)，那么 1Arms 约等于 60dec，若需要电流为 10Arms，则用通讯控制时需写入电流为 600d。