

类别	内容
关键词	步进电机驱动、用户手册
摘要	本文档介绍了ZMTI-EF1200产品的功能及其性能参数，讲解模块的使用方法，便于客户选型及快速使用。

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

修订历史

版本	日期	原因
V0.90	2025/9/17	创建文档

目 录

1. 产品介绍	1
1.1 产品命名	1
1.2 产品简介	2
1.3 产品特性	2
1.4 产品应用	2
1.5 订购信息	2
1.6 产品照片	3
2. 硬件接口	4
2.1 指示灯定义	5
2.2 接线端子定义	7
3. 接线图	8
4. 产品参数	9
4.1 一般参数	9
4.2 电气特性参数	9
4.3 通讯规格	10
4.4 电磁兼容性	10
4.5 环境适应性	11
4.6 安规特性	11
4.7 产品尺寸	11
5. 产品演示	12
5.1 准备工作	12
5.2 EtherCAT 主站配置	13
5.2.1 新建项目	13
5.2.2 扫描设备	16
5.2.3 检查连接	18
5.2.4 电机参数查看与运行模式设置	19
5.3 功能演示	20
6. 烧录 EtherCAT 从站的 ESI 文件	22
7. EtherCAT 通讯基础	24
7.1 EtherCAT 简介	24
7.2 EtherCAT 状态	24
7.3 EtherCAT 数据对象	25
7.3.1 SDO 服务对象	25
7.3.2 PDO 过程对象	25
7.3.3 SDO 和 PDO 对比	26
7.4 EtherCAT 同步模式	27
7.4.1 SM 事件同步模式	27
7.4.2 分布时钟同步模式	27
7.5 EtherCAT 从站信息	27
8. CiA402 控制说明	28
8.1 CiA402 简介	28

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

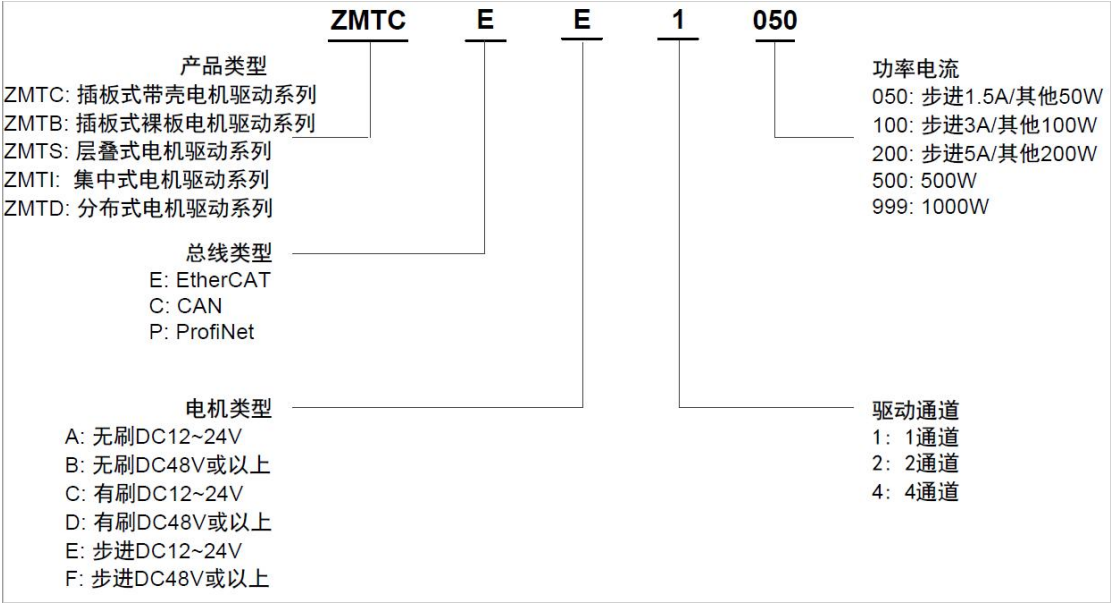
8.2 CiA402 状态机	28
8.2.1 状态	28
8.2.2 条件	29
8.3 CiA402 控制字	31
8.3.1 位定义	31
8.3.2 指令编码	31
8.4 CiA402 状态字	32
8.4.1 位定义	32
8.4.2 状态编码	32
8.5 CiA402 运行模式	33
8.5.1 到达和跟随判断	33
8.5.2 CSP 周期同步位置模式	36
8.5.3 PP 轮廓位置模式	37
8.5.4 PV 轮廓速度模式	38
8.5.5 HM 归零模式	39
8.6 CiA402 其他说明	40
8.6.1 CiA402 数字信号	40
9. 配置与升级	41
9.1 参数配置	41
9.2 固件升级	41
10. 故障诊断与排除	42
11. 对象字典	43
11.1 对象字典结构	43
11.2 对象组 1xxxh 分配	43
11.3 对象组 2xxxh 分配	43
11.4 对象组 3xxxh 分配	46
11.5 对象组 6xxxh 分配	46
12. 免责声明	48

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

1. 产品介绍

1.1 产品命名



基于上述命名规则与铭牌说明，本产品的相关数据如下表 1.1 所示：

表 1.1 本产品型号及功能

型号	功能描述	适配机型
ZMTI-EF1200	E 系列步进电机驱动模块	ZPT-8080

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

1.2 产品简介

ZMTI-EF1200 是 ZLG 致远电子推出的步进伺服驱动器。该驱动器基于致远电子自主研发的电机驱动平台技术，具有高性能、高可靠性、低成本等特点。采用 EtherCAT 总线，基于 CiA402 运动控制协议，支持 CSP 周期同步位置控制功能。

1.3 产品特性

- 符合 EtherCAT 和 CiA402 运动控制协议标准；
- 内置 16kbit EEPROM；
- 支持单端口通讯与双端口级联通讯；
- 支持含正交编码器的 48V/5A 的两相步进电机；
- 支持周期同步位置控制模式、轮廓位置模式、轮廓速度模式、归零模式；
- 3 个数字输入；
- 1 组 ABZ 正交编码输入；
- 开环或编码器闭环控制可选；
- 工作温度为-20℃ ~ +60℃；
- 塑胶外壳，符合 UL 94V-0 标准；
- 支持 DIN35mm Rail 标准导轨支架。

1.4 产品应用

- ◆ 物流装备
- ◆ 电子制造
- ◆ 新能源
- ◆ 纺织
- ◆ 包装

1.5 订购信息

型号	温度范围	类型
ZMTI-EF1200	0℃ ~ +50℃	步进电机驱动

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

1.6 产品照片

ZMTI-EF1200 产品照片如下图 1.1 所示：



图 1.1 ZMTI-EF1200 产品照片

注：产品照片仅作为参考，具体以产品实物为准。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

2. 硬件接口

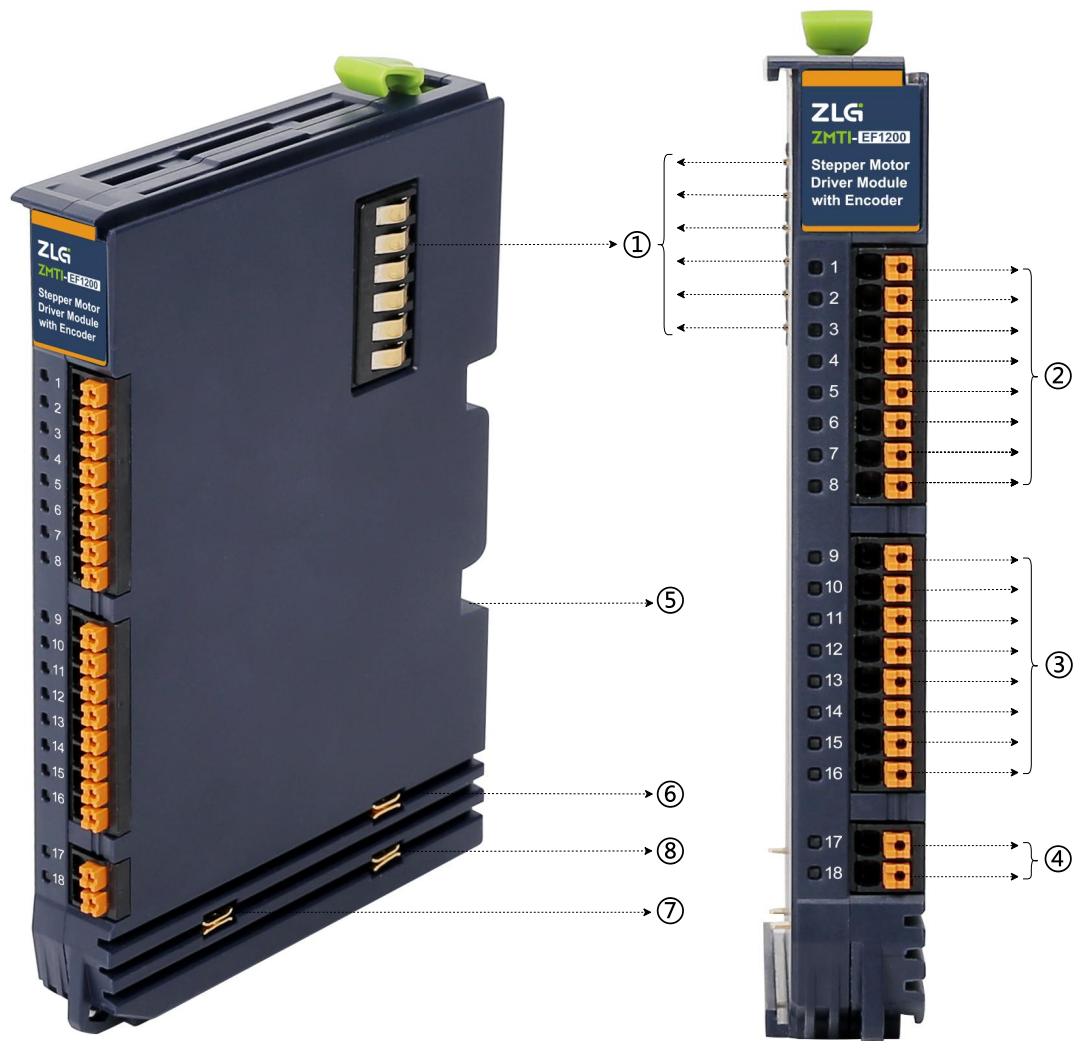


图 2.1 硬件接口标注

- ①内部总线
- ②编码器以及数字输入输出接口
- ③电机驱动以及电机电源接口
- ④现场电源输入（详见表 2.2）
- ⑤接地弹片
- ⑥现场电源负极 0V
- ⑦现场电源正极 24V
- ⑧大地 PE

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

2.1 指示灯定义

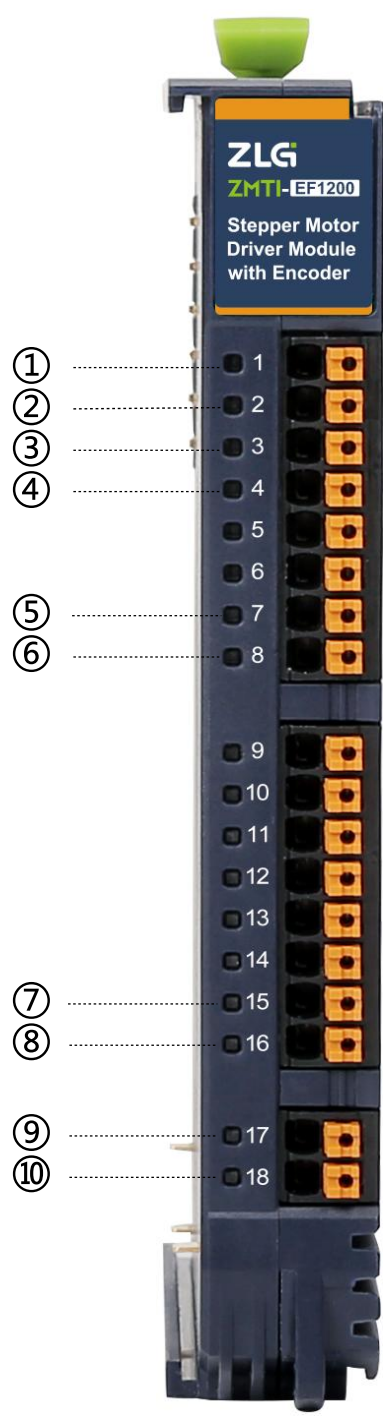


图 2.2 硬件接口标注

表 2.1 LED 指示灯说明

序号	丝印	指示灯名称	颜色	功能描述
①	1	IN	绿色	输入端口的状态。 灭：无连接。 常亮：有连接，但无数据传输。 闪烁：有连接，有数据传输。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

序号	丝印	指示灯名称	颜色	功能描述
②	2	OUT	绿色	输出端口的状态。 灭：无连接。 常亮：有连接，但无数据传输。 闪烁：有连接，有数据传输。
③	3	ST	绿色	使能编码器时，7Hz 快闪表示正转，1Hz 慢闪表示反转，灭表示不转。 禁能编码器时，常灭。
④	4	LAT	绿色	亮表示信号排针的 Latch 脚被拉低（输入模式） 灭表示信号排针的 Latch 脚被拉高或悬空（输入模式） 亮表示信号排针的 Latch 脚有输出，NPN 型（输出模式） 灭表示信号排针的 Latch 脚悬空，NPN 型（输出模式）
⑤	7	DI 1	绿色	亮表示信号排针的 DI 1 脚被拉低， 灭表示信号排针的 DI 1 脚被拉高或悬空。
⑥	8	DI-2	绿色	亮表示信号排针的 DI 2 脚被拉低， 灭表示信号排针的 DI 2 脚被拉高或悬空。
⑦	15	VM	绿色	48V 电源指示灯
⑧	16	UP	绿色	现场 24V 电源指示灯
⑨	17	PWR	红色	系统工作时常亮
⑩	18	RUN	绿色	IO 模块正常运行时常亮

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

2.2 接线端子定义

如下表 2.2 是接线端子的定义。

表 2.2 接线端子定义

端子序号	符号	功能描述
1	EncA	正交编码器信号 A/B/Z
2	EncB	
3	EncZ	
4	Latch	默认抱闸输出，NPN 型（输出低电平有效），配合 CiA402 控制制动抱闸；也可配置为数字输入，NPN 型（输入低电平有效）
5	5V Sensor	数字信号 5V 电源输出，可给编码器供电
6	GND Sensor	
7	DI 1	默认数字信号输入，NPN 型（输入低电平有效）；也可分别配置为正极限和负极限输入
8	DI 2	
9	Motor A-	A 相驱动正端
10	Motor A+	A 相驱动负端
11	Motor B-	B 相驱动正端
12	Motor B+	B 相驱动负端
13	48V Motor	48V 正极输入
14	48V Motor	
15	GND Motor	48V 负极输入
16	GND Motor	
17	24V	电源正极输出
18	0V	电源负极输出

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

3. 接线图

产品接线如下图所示：

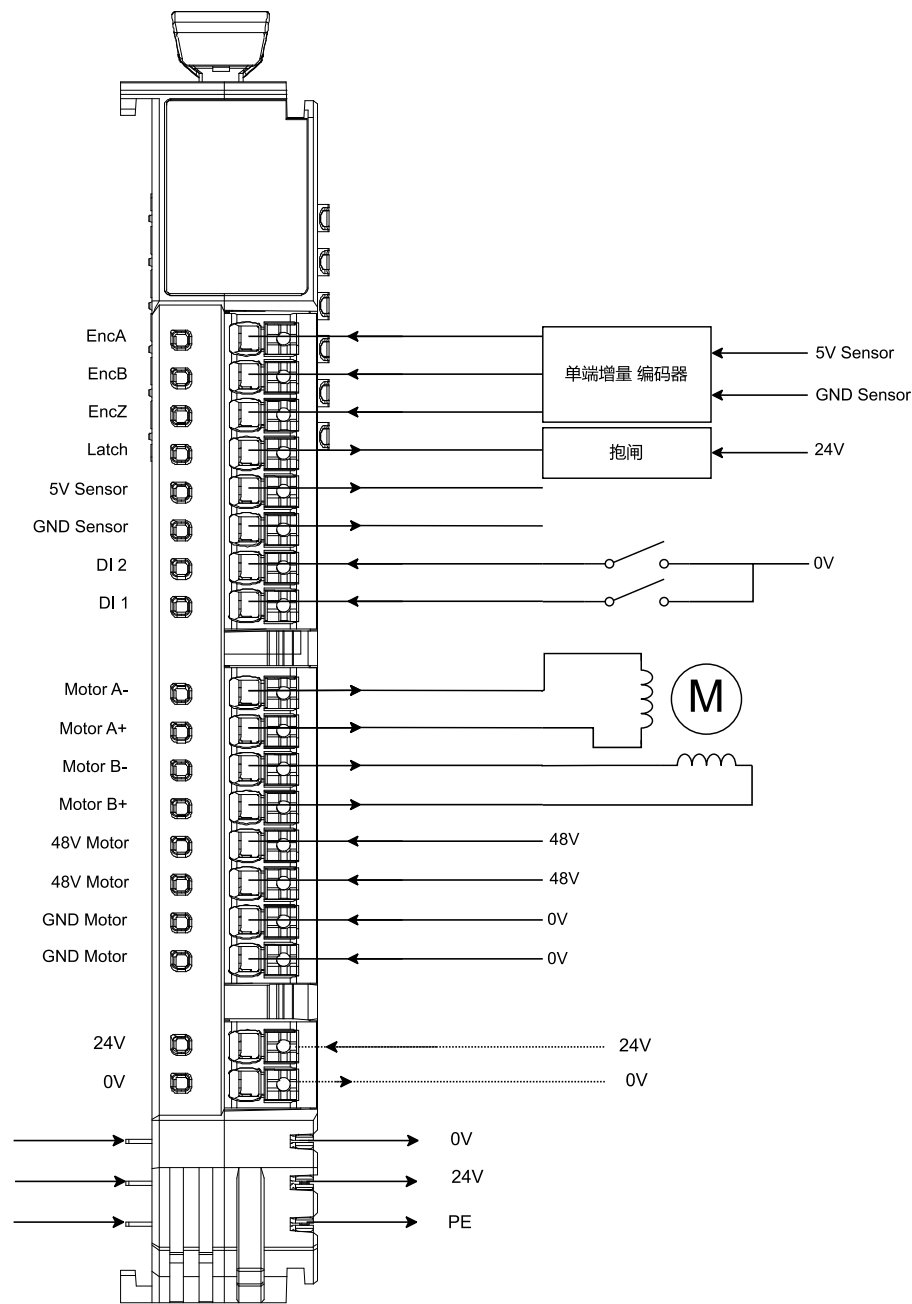


图 3.1 ZMTI-EF1200 模块接线图

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

4. 产品参数

如无特殊说明，参数是基于温度是在 25℃，湿度在 52%所测量。

4.1 一般参数

表 4.1 ZMTI-EF1200 一般参数

参数	规格
IP 等级	IP20
产品尺寸（高×深×宽）	118.5mm×75mm×18mm
重量	90g
热拔插	支持

4.2 电气特性参数

表 4.2 ZMTI-EF1200 电气特性参数

参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
系统工作电压	V_S	耦合器提供	4.75	5	5.25	V
现场供电工作电压	V_{IO}	--	18	24	30	V
电机驱动工作电压	V_M	--	19	48	58	V
系统静态电流	I_S	$V_S=5V$	--	80	--	mA
系统工作电流	I_{CC}	$V_{IO}=24V, V_S=5V$	--	88	--	mA
系统供电最大电流	I_{SMAX}	$V_S=5V$	--	--	3	A
现场供电最大电流	I_{FMAX}	$V_{IO}=24V$	--	--	4	A
电机峰值相电流	I_M	$V_M=48V$	--	--	5	A
最高步进频率	R_{IN}	--	200	--	--	整步/秒
步进模式	f_T	--	1	--	256	倍
电流控制器频率	f_C	--	--	40	--	kHz
编码器输入低电平	V_{LENC}	$V_{CC_{SENSOR}}=5V$	0	--	1.5	V
编码器输入高电平	V_{HENC}	$V_{CC_{SENSOR}}=5V$	3.5	--	5	V
编码器输入频率	f_{ENC}	--	0	--	2	MHz
数字信号输入低电平	V_{LI}	--	-3	0	2	V
数字信号输入高电平	V_{HI}	--	3.7	0	28	V

注：未使用的输入信号通道请勿连接任何导线或者短接，只需悬空即可。现场 IO 电源电压不要超过限定范围值，否则会容易出现 IO 模块无法正常使用情况，或会造成永久性不可恢复的损坏。

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

4.3 通讯规格

驱动器的通讯规格如表 4.3 所示。

表 4.3 通讯规格

项目		规格
通讯功能	EtherCAT	COE (CANopen over EtherCAT)、FOE (File Access over EtherCAT)、CiA402 运动控制协议(应用层)
设备协议标准		IEC61800-7 CiA 402 Drive Profile
同步管理器		SM0: 邮箱接收 (主站 TO 从站) SM1: 邮箱发送 (从站 TO 主站) SM2: 过程数据输出 (主站 TO 从站) SM3: 过程数据输入 (从站 TO 主站)
通信对象		SDO: 服务数据对象 PDO: 过程数据对象
同步模式		DC-Synchron SM-Synchron
控制模式		周期同步位置控制 (Cyclic SynDIronous Position)
循环周期		1ms、2ms、4ms、8ms...20ms

4.4 电磁兼容性

表 4.4 ZMTI-EF1200 的 EMC 特性参数

测试项	测试标准等级	性能判据
静电放电抗扰度	Air ± 8kV GB/T 17626.2 IEC/EN 61000-4-2	Perf.Criteria B
辐射骚扰	30M~1000MHz GB/T 6113.203 CISPR 16-2-3	符合 Class A 限值

注：现场 IO 电源电压不要超过限定范围值，否则会出现 IO 模块无法正常使用情况，或会造成永久性不可恢复的损坏。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

4.5 环境适应性

表 4.5 ZMTI-EF1200 环境适应性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作温度	上电工作	0	+25	+50	°C
存储温度	带包装	-40	+25	+85	
存储湿度	无凝结	5	--	95	%
海拔高度	--	--	--	2000	m
冷却方式	--	自然空冷			

4.6 安规特性

表 4.6 ZMTI-EF1200 安规特性

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
绝缘电阻	输入端口对内部总线； 测试电压 500VDC	1	--	--	GΩ
抗电强度	内部总线对大地	--	500	--	VDC
	输入端口对大地	--	500	--	VDC
	输入端口对内部总线 (数字隔离器隔离)	--	500	--	VDC
		--	500	--	VAC
外壳材料	--	阻燃塑胶外壳，符合 UL 94V-0 标准			

4.7 产品尺寸

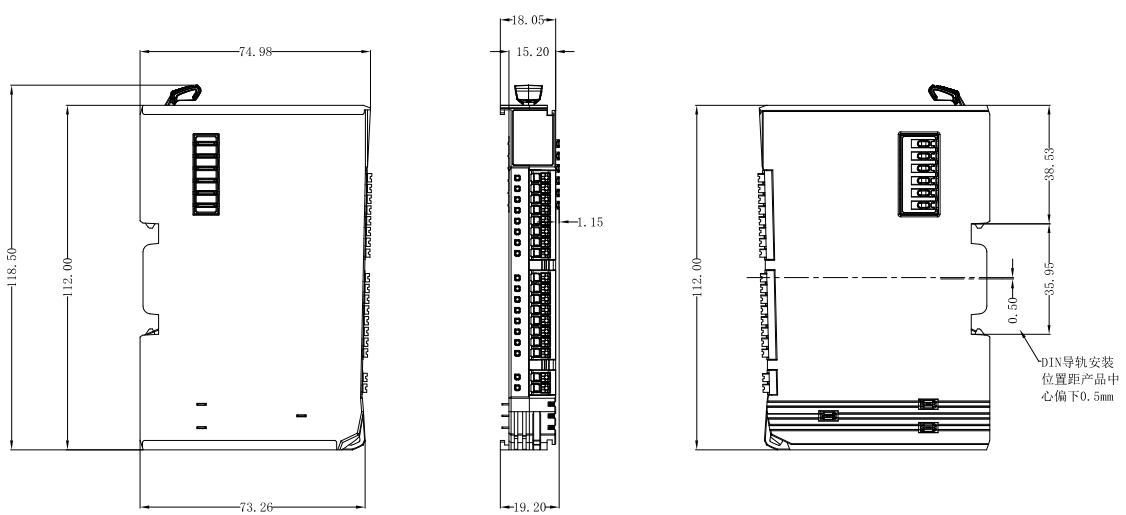


图 4.1 ZMTI-EF1200 产品尺寸

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

5. 产品演示

5.1 准备工作

本章节介绍 ZMTI-EF1200 产品的使用流程，基于 TwinCAT3 软件进行演示说明，所使用的工具如下：

【硬件工具】：

- 1、ZPT-8080 耦合器及对应电源端子。
- 2、ZMTI-EF1200 步进驱动模块。
- 3、PC 电脑，24V 开关电源、以太网线、通信线缆若干。

【软件工具】：

TwinCAT3 软件，用于 PC 电脑上模拟 EtherCAT 主站。

注意：PC 的网口芯片必须支持 TwinCAT 才能稳定运行，TwinCAT 3.1 版本可以在安装目录 TwinCAT3.1\driver\System 下查看 TcI8254x.inf 和 TCL8255x.inf 文件，里面包含了支持的网卡。也可在倍福官网查看：

https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tc3_overview/9309844363.html

【硬件连接】：

- 1、将 ZPT-8080 耦合器与 ZMTI-EF1200 产品进行插入衔接。
 - 2、用以太网线连接 PC 电脑和 ZPT-8080 上“IN”标识的 EtherCAT 端口。
 - 3、分别接上 ZPT-8080 耦合器系统、现场两路独立的 24V 电源。如下图 5.1 所示。
- ZMTI-EF1200 的 IO 模块硬件连接参考下图。

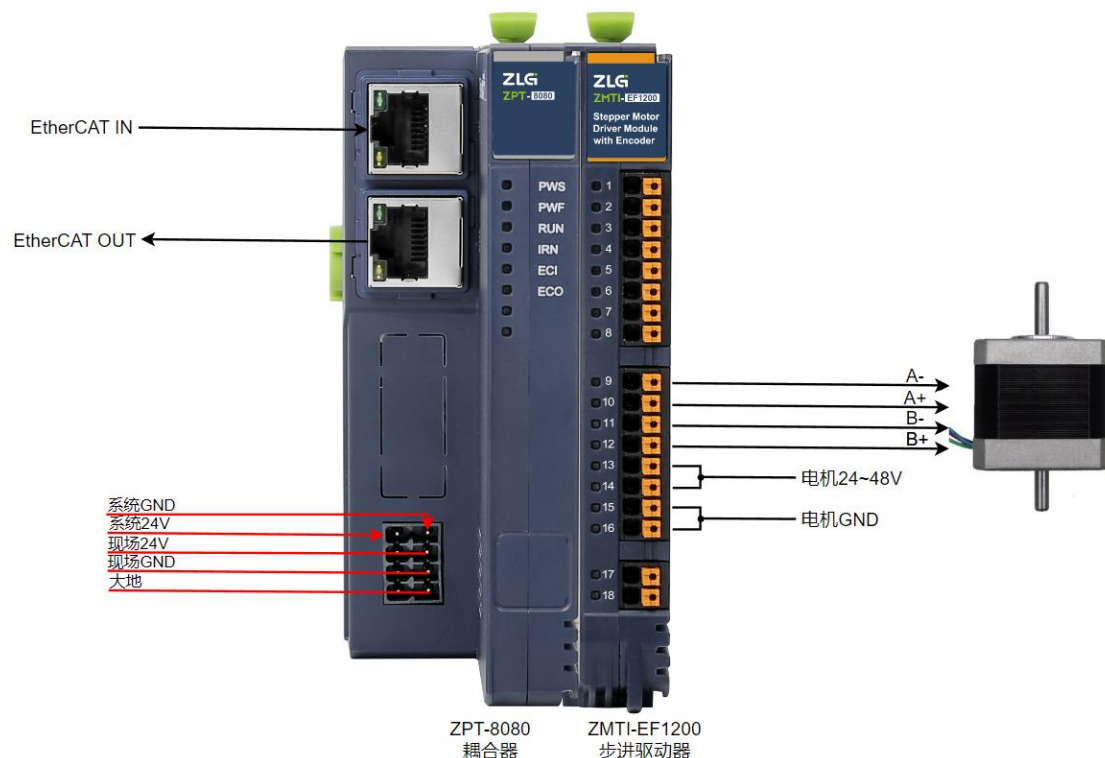


图 5.1 最简设备接线图

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

5.2 EtherCAT 主站配置

5.2.1 新建项目

打开安装好的 TwinCAT3 软件，进入开发环境。

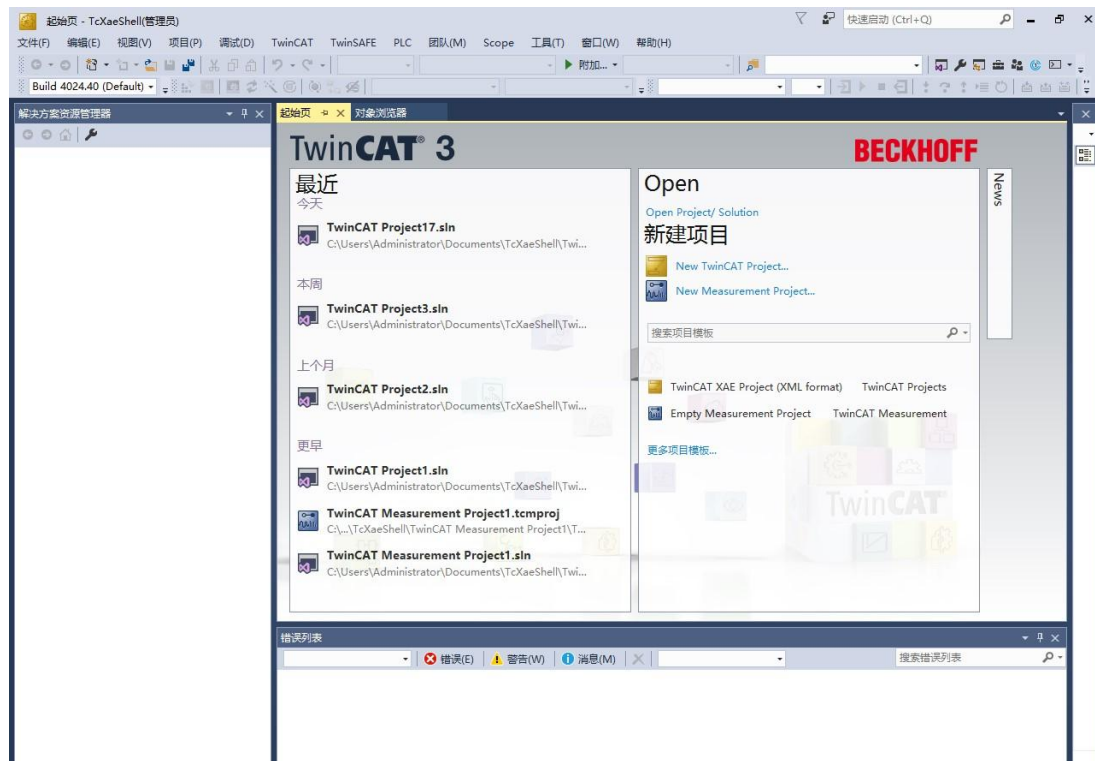


图 5.2 TwinCAT3 软件开发界面

在左上角菜单栏选择：“文件” — “新建（N）” — “项目（P）...”。



图 5.3 新建项目界面

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

选择 TwinCAT Projects，修改工程名称选择合适位置保存工程，点击“确定”。

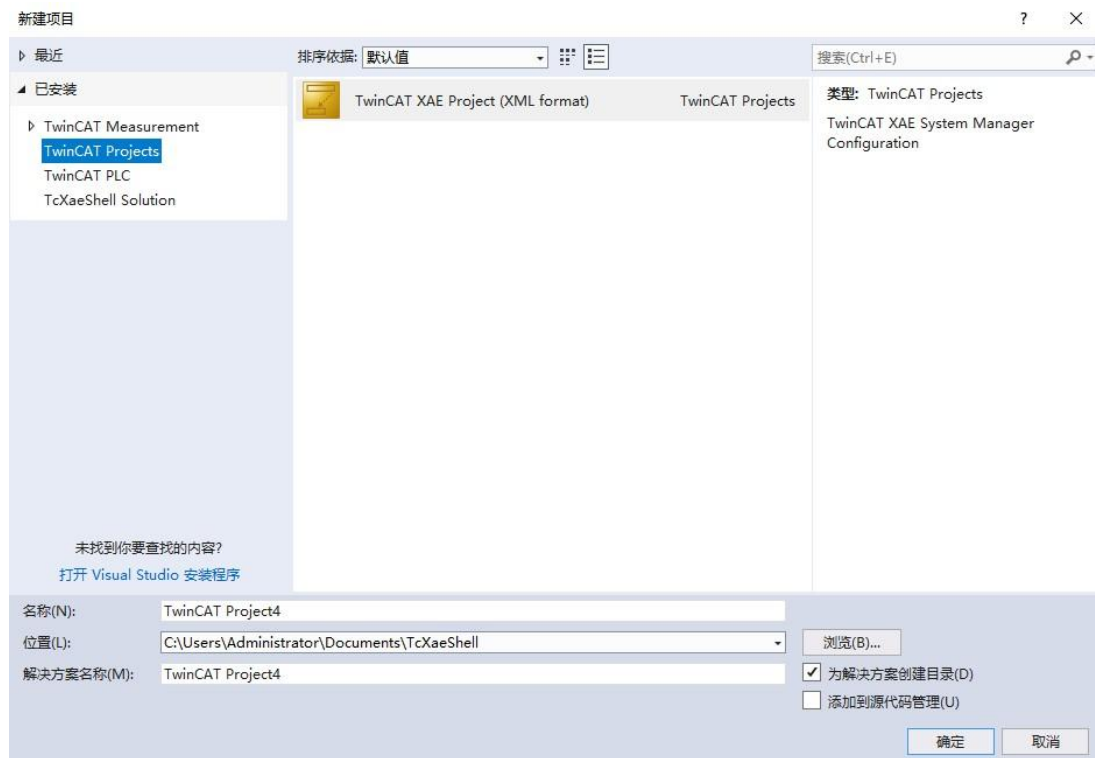


图 5.4 工程信息修改界面

正常创建工程后，显示界面如下。

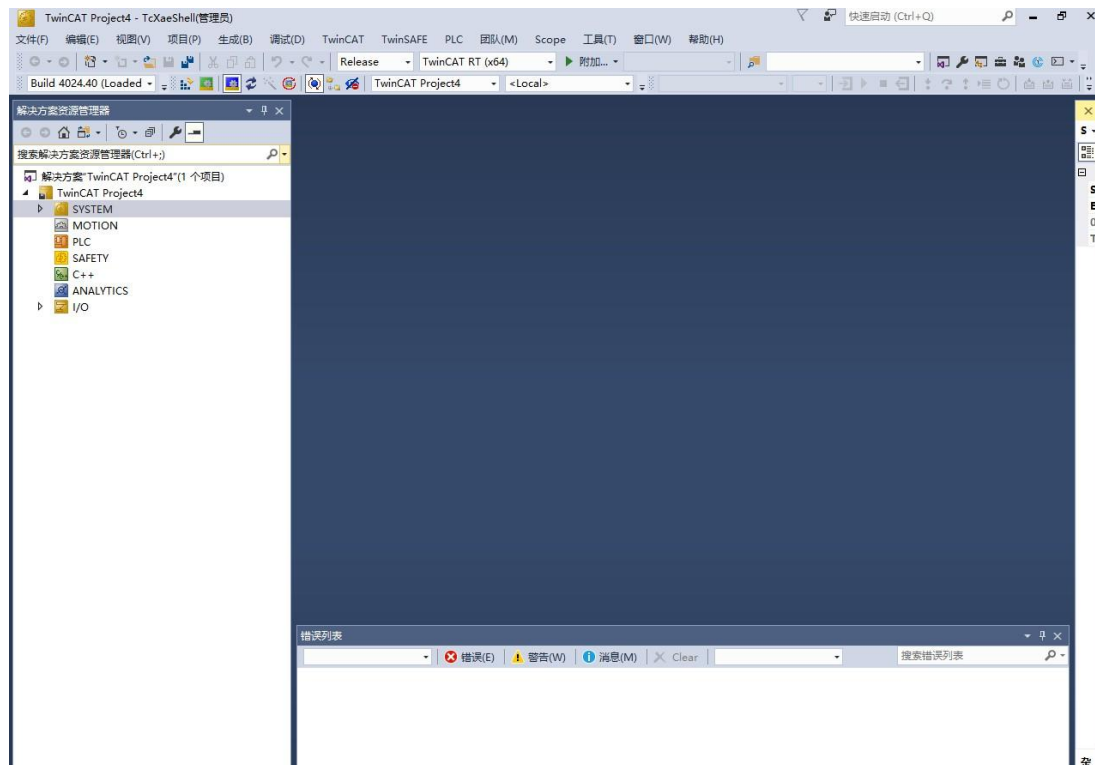


图 5.5 工程创建成功界面

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

在 TwinCAT3 内安装 EtherCAT 主站网卡驱动，点击主菜单栏“TwinCAT”下的“Show Realtime Ethernet Compatible Devices...”，选择本机网卡，点击“Install”。

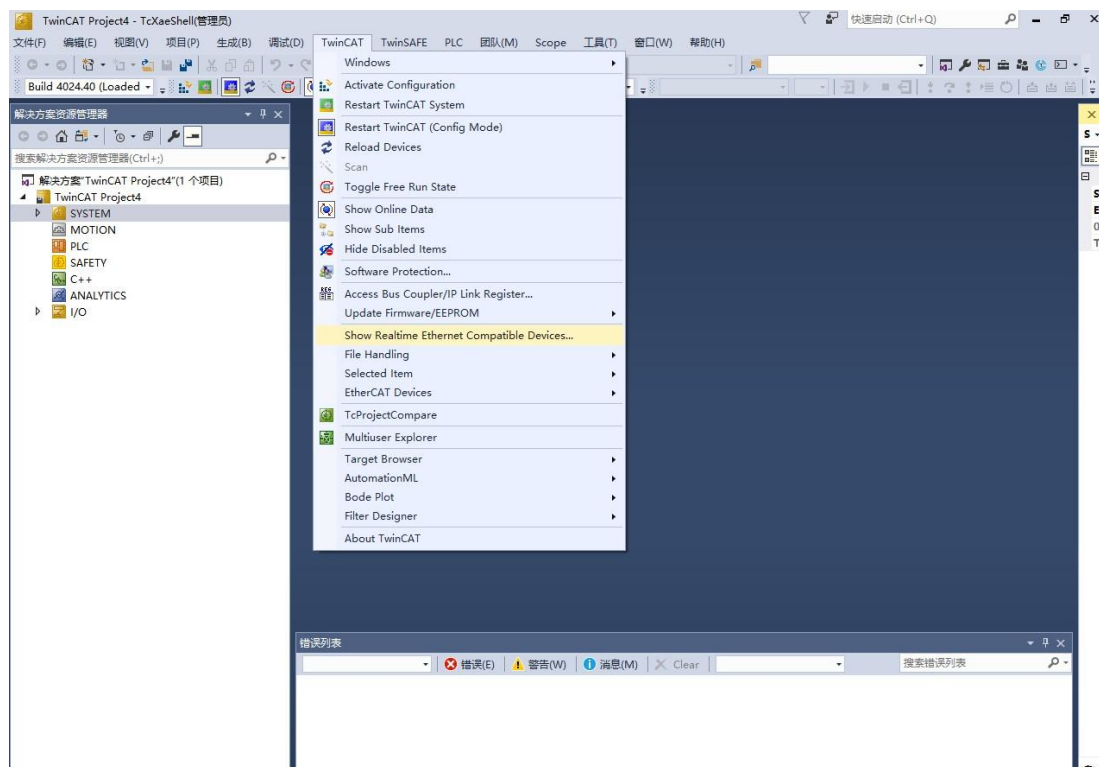


图 5.6 网卡安装界面

网卡正常安装界面如下图所示：

注：使用 EtherCAT 等实时协议，网络端口需要 TwinCAT RT 驱动程序，因此 EtherCAT 主站对网卡兼容性有要求，具体可查看倍福官网 TwinCAT3 概述中对“支持的网络控制器”相关章节的描述。

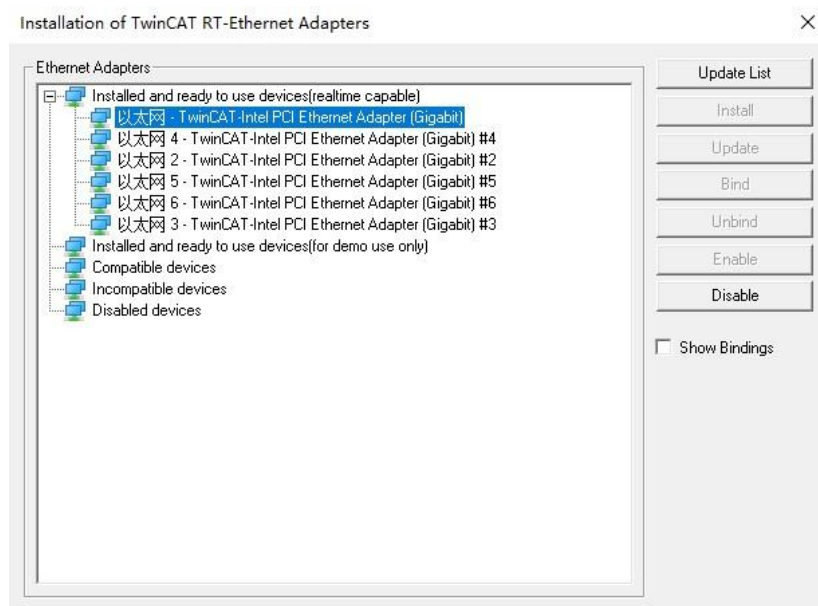


图 5.7 网卡驱动正常界面

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

5.2.2 扫描设备

在工程目录下，选择“I/O”展开，选择“Device”点击鼠标右键选择“Scan”扫描连接的从站设备，此操作前必须保证 ZPT-8080 耦合器已正常上电且“IN”口使用网线正常连接到 EtherCAT 主站设备上。扫描前需将从机 xml 拷贝至 C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT 路径处，如需烧录 ESI 文件请参考附录 A 内容操作。

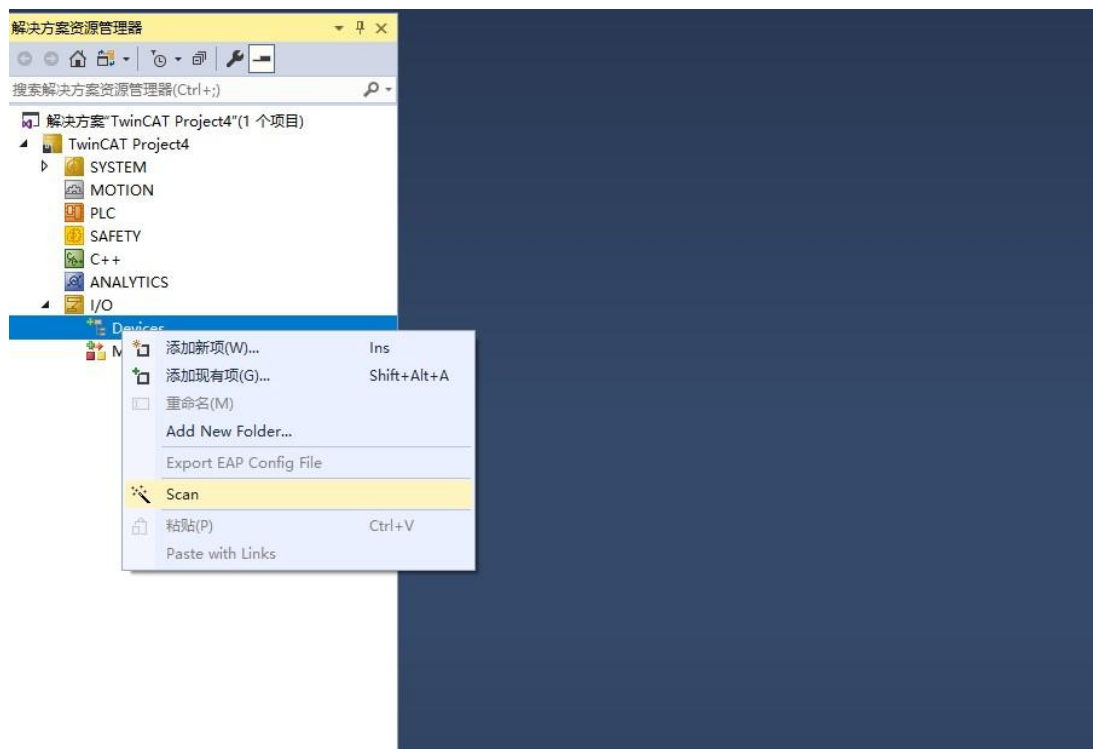


图 5.8 扫描设备

弹出以下对话框，点击“确定”按钮。

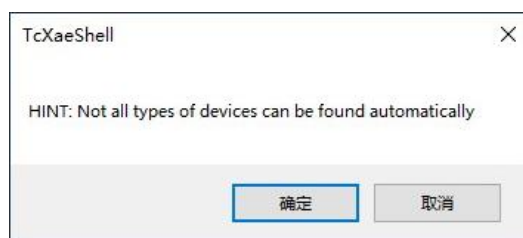
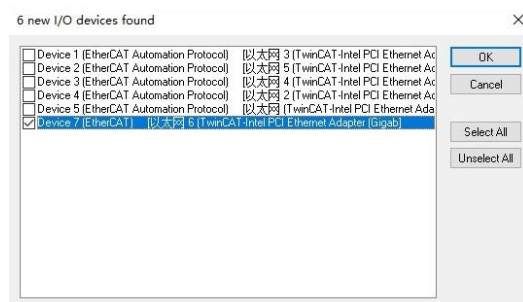


图 5.9 提示对话框

弹出“new I/O devices found”对话框，选择所需要的 Ethernet 接口（默认勾选已扫描到从站设备的网卡），点击“OK”；如下图所示。



ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

图 5.10 选择连接了从站设备的网卡

点击“是（Y）”将扫描从站设备。

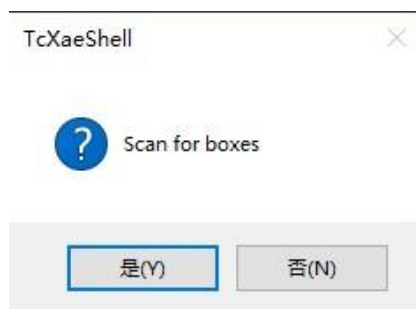


图 5.11 选择扫描从站设备

选择是否进入“Activate Free Run”,点击“是”。

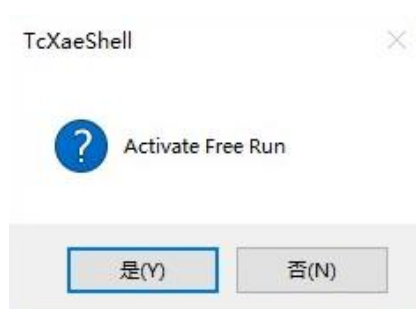


图 5.12 提示对话框

选择“NC-Configuration”,点击“OK”。

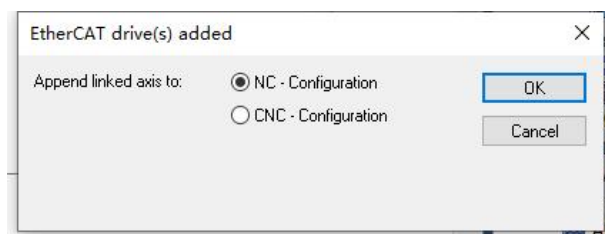


图 5.13 提示对话框

正常扫描到如下设备。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

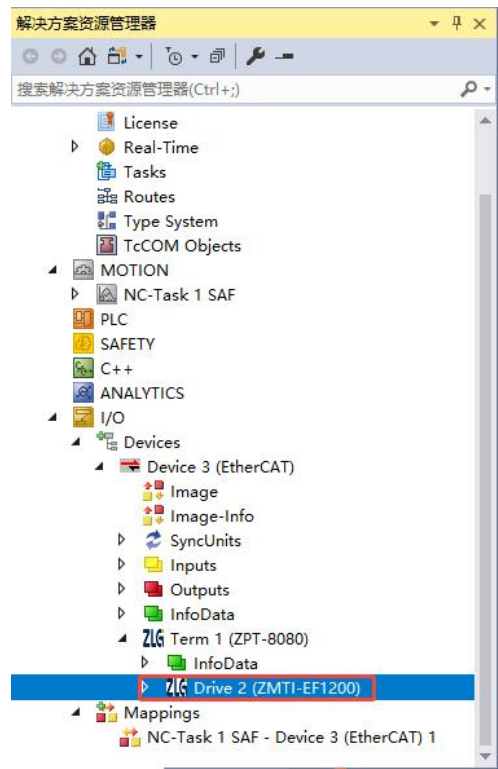


图 5.14 设备扫描成功界面

可以看到已扫描到“ZMTI-EF1200”，这代表该输入模块已被主站成功识别。

5.2.3 检查连接

主站控制器与 ZPT-8080 耦合器和 ZMTI-EF1200 建立通讯后，可看到 ZMTI-EF1200 已经进入“OP”状态，说明 EtherCAT 通信链路搭建成功。

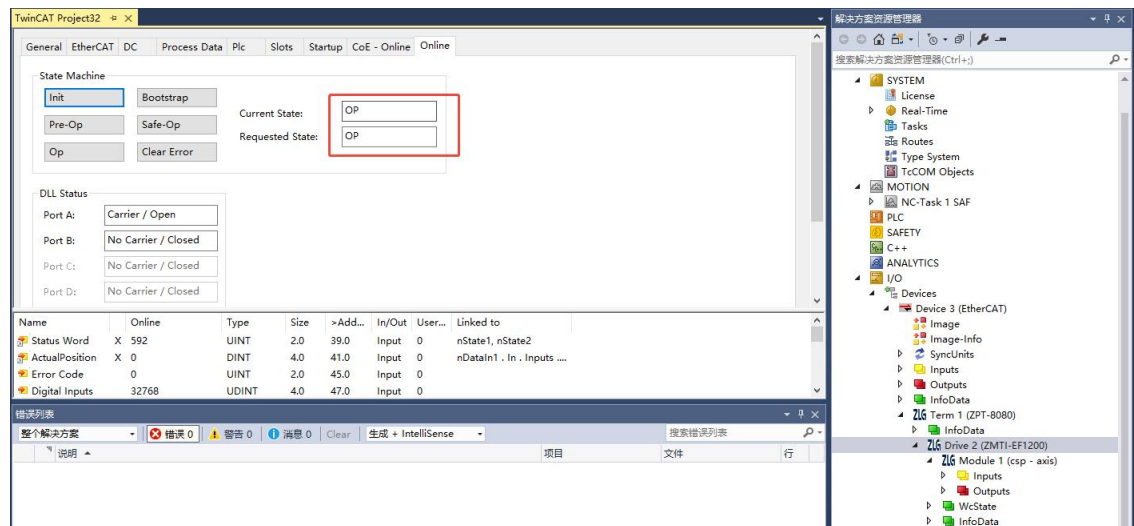


图 5.15 从站设备工作状态界面

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

5.2.4 电机参数查看与运行模式设置

如图 5-16 所示，按 1-4 步骤执行后，可以看到 0x2xxx 对象，该组对象为电机参数。如需修改，可按照 xxx。

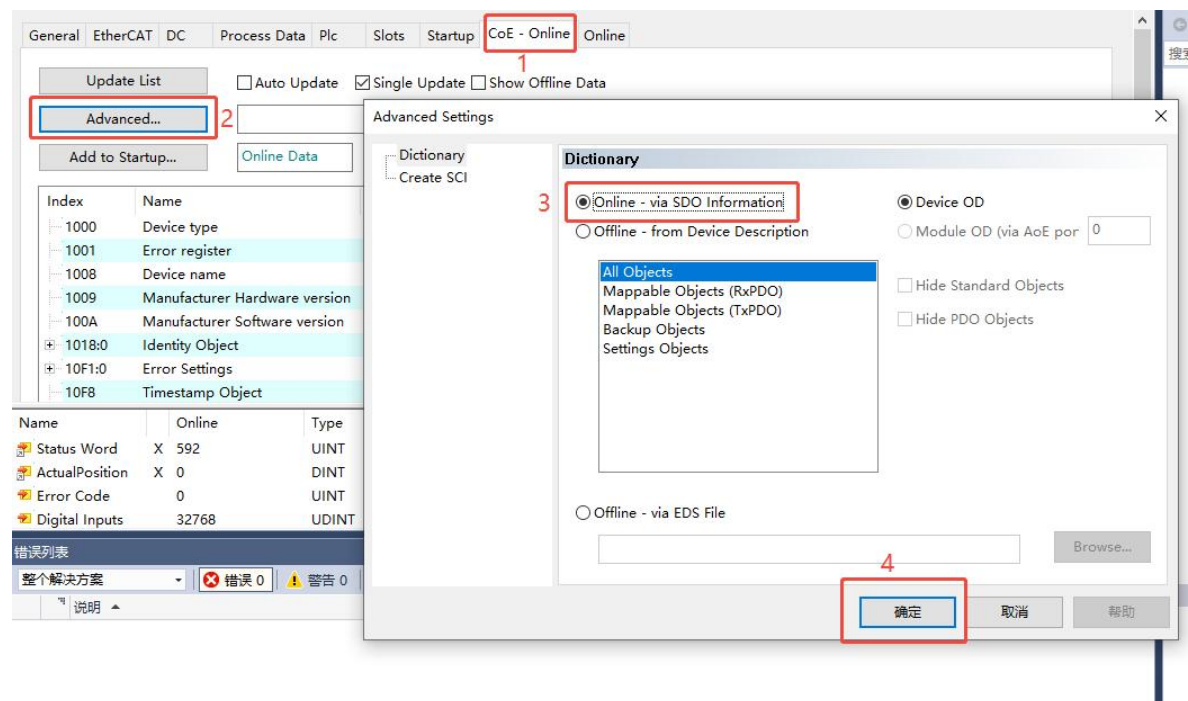


图 5-16 查看所有 SDO 对象

如图 5.17 所示，通过 1-4 步骤，可以切换不同的 402 控制模式。

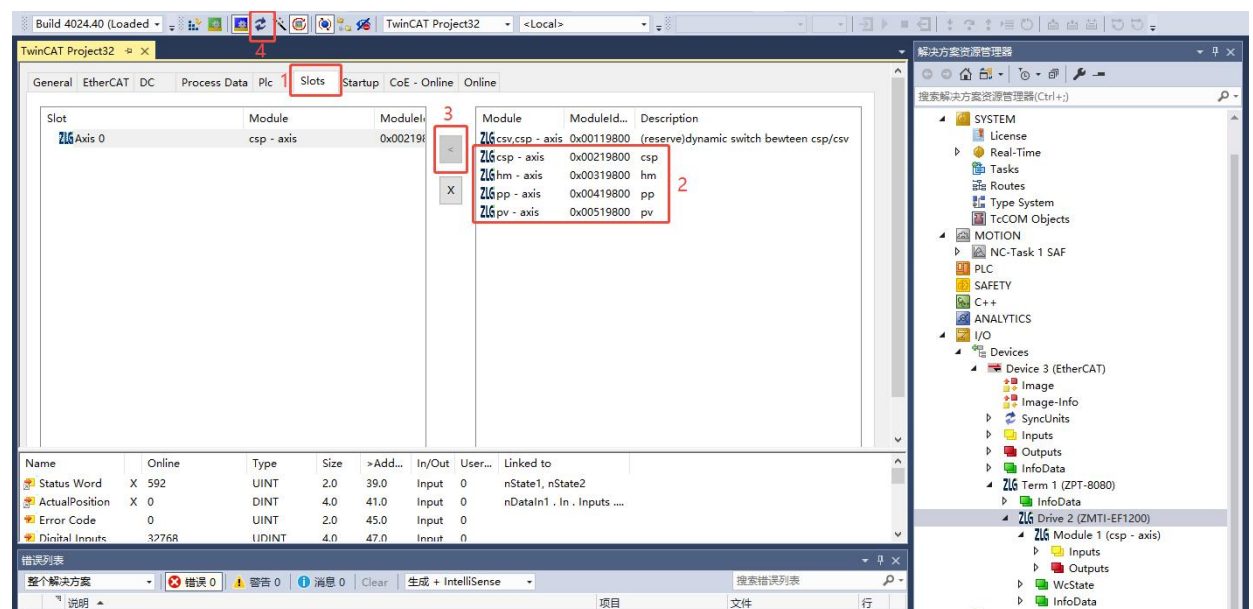


图 5.17 402 运行模式配置

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

5.3 功能演示

在 Axes 栏目下的 Enc 界面，按图中步骤 1-4，如图 5.18 所示。使能并配置虚拟轴参数。

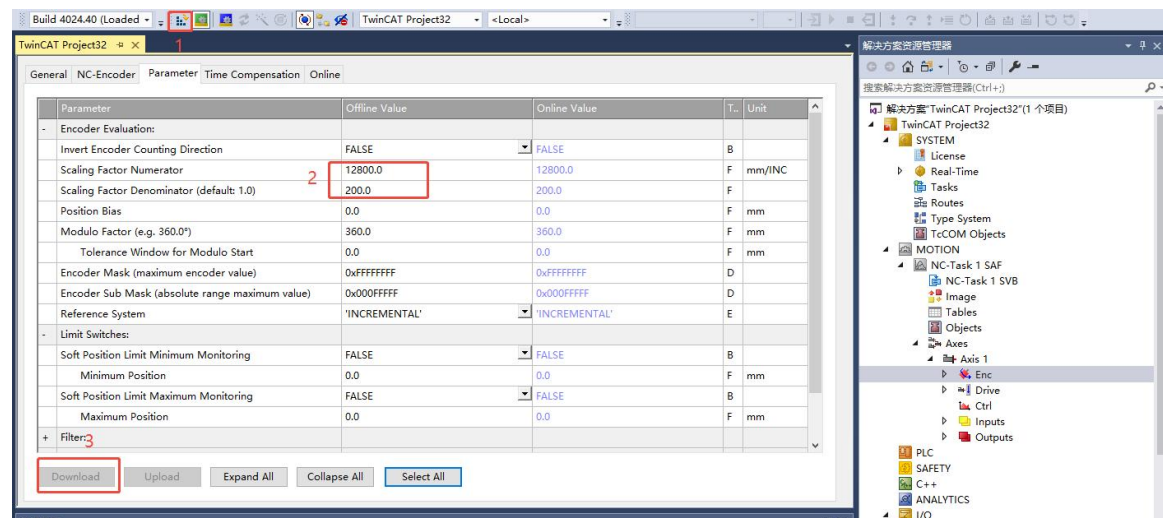


图 5.18 虚拟轴编码器参数设置

按 1-5 步骤依次执行后，可以使电机使能（上电）如图 5.19 所示。

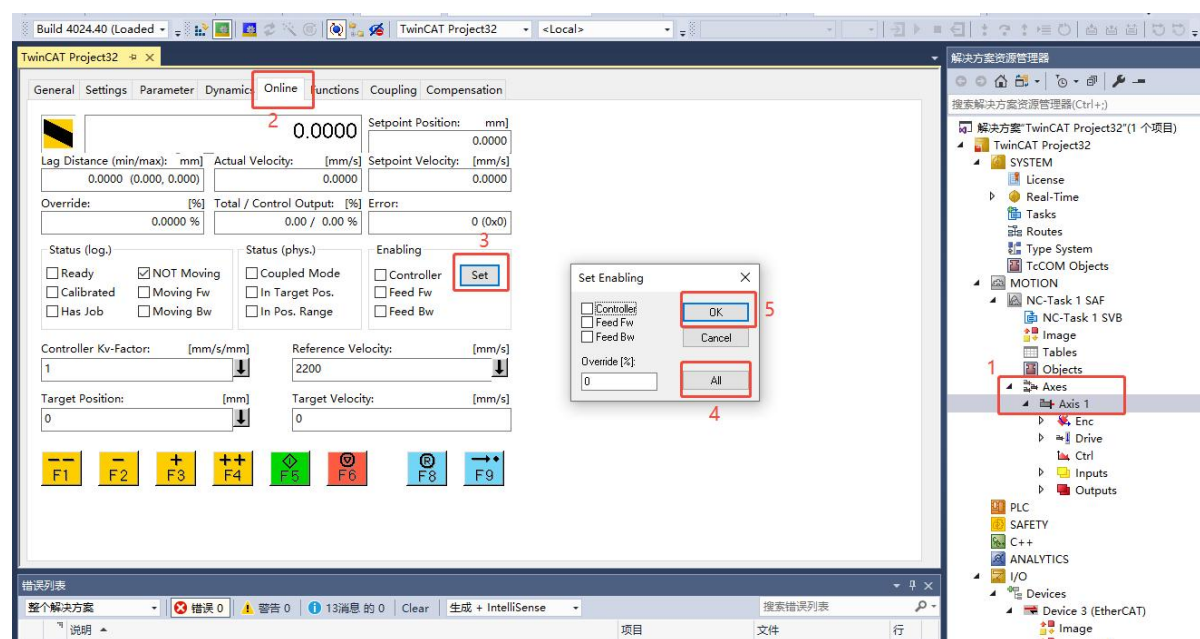


图 5.19 虚拟轴运行操作演示

如图 5.20，按图中步骤 1-3，即可使电机运动到 200 步（360°）的位置，运行时间为 1S。F5 为启动操作，F6 为停止操作。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

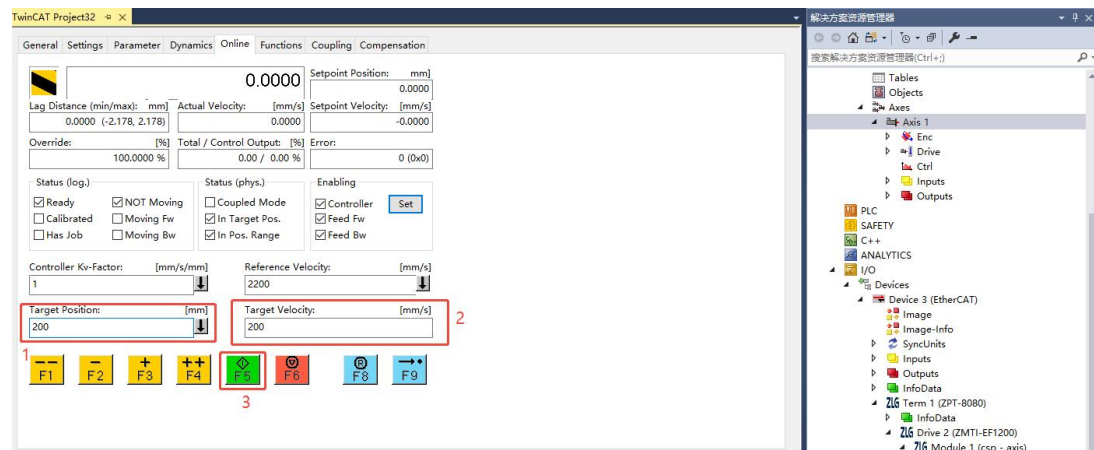


图 5.20 虚拟轴运行操作

6. 烧录 EtherCAT 从站的 ESI 文件

本节内容主要演示如何通过 TwinCAT3 上位机来烧录 EtherCAT 从站的 ESI 文件。ZDM-E 系列产品出厂时已默认烧录好了 ESI 文件,可直接使用。如果没有更新 ESI 文件的实际需求,可跳过本章节。

1. 将需要烧录的 ESI 文件拷贝至 C:\TwinCAT\3.1\Config\Io\EtherCAT 路径处。如图 6.1 所示。

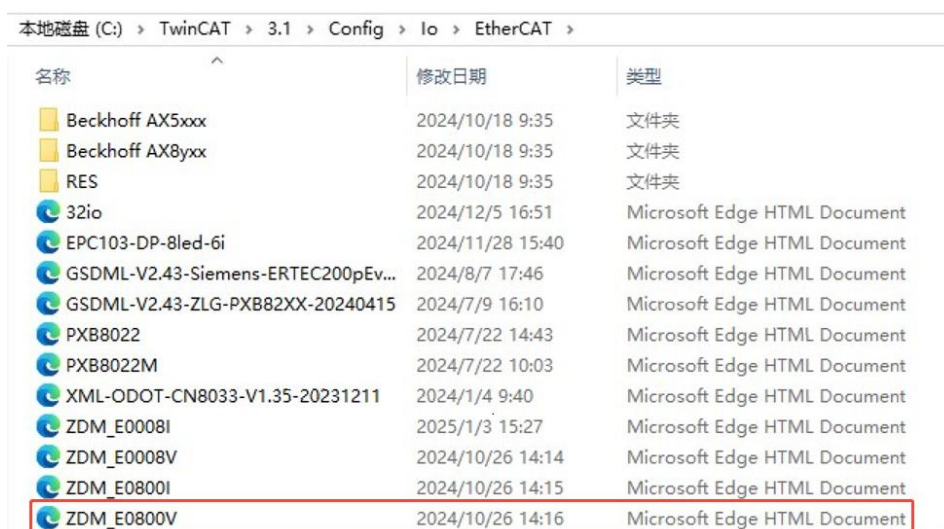


图 6.1 ESI 文件存放处

2. 打开 TwinCAT, 点击扫描设备, 扫描完成后选择扫描出来的 Device 设备, 在 General 栏选择需要烧录 EEPROM 的从站设备, 鼠标右击, 点击 EEPROM Update..., 如图 6.2 所示。

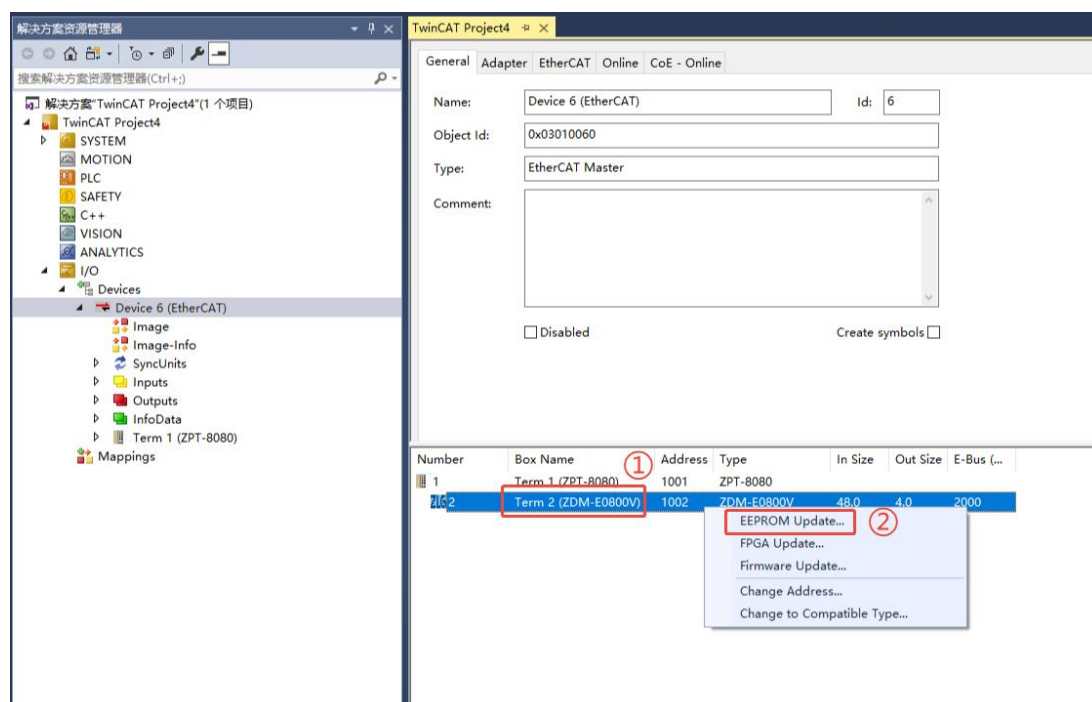


图 6.2 选择设备更新 EEPROM

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

3. 跳转至烧录界面，选中需要烧录的 ESI 文件（此处以 ZDM-E0800V 为例），点击 OK 即开始烧录对应的 ESI 文件，如图 6.3 所示。

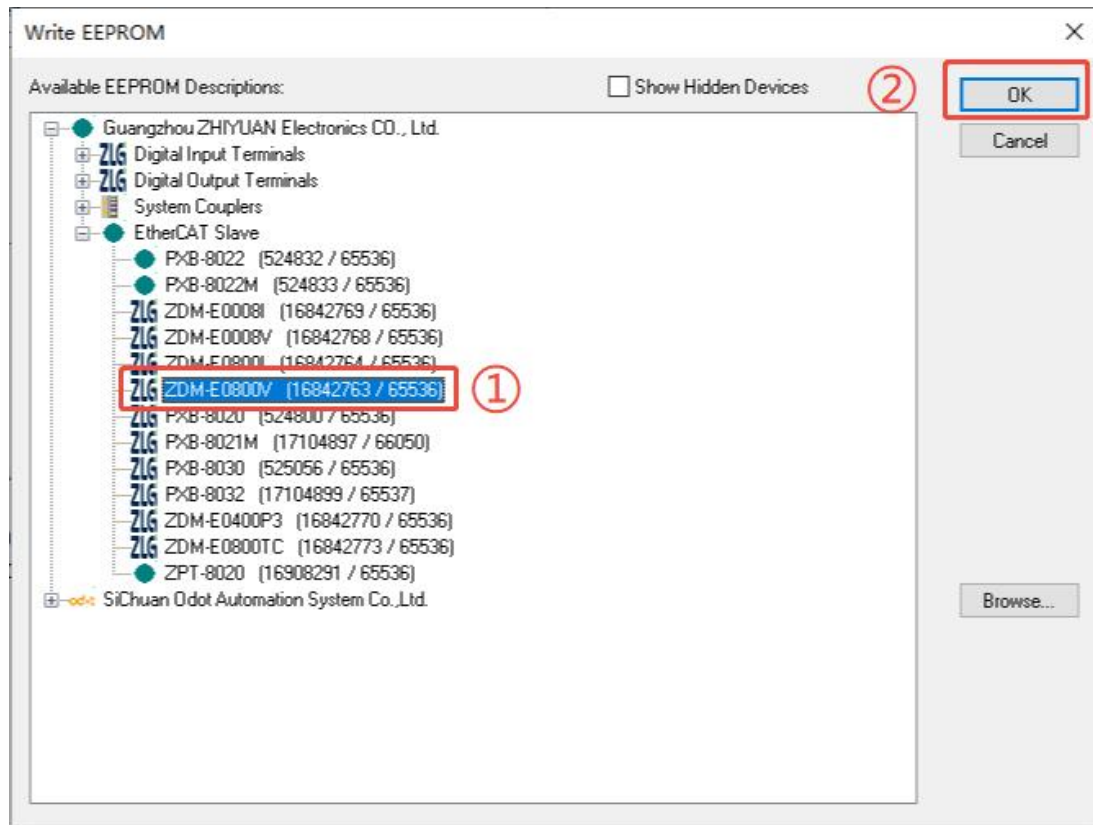


图 6.3 烧录 ESI 文件至 EEPROM

4. 确保第三步正确烧录 ESI 文件后，移除设备，重新扫描设备即可。如果 TwinCAT3 界面没有按照 ESI 显示，则请重启 TwinCAT3 和设备，扫描即可。

注：选择烧录的 ESI 文件时一定要注意厂商名称、ProductCode、RevisionNo 是否与需要烧录的 ESI 文件描述一致，可能因为设备 ESI 版本变更，导致这些信息有所变化，如果从站 EEPROM 没有及时更新这些信息，从站会出现扫描出来报错、扫描出来无通道参数等错误情况。

7. EtherCAT 通讯基础

7.1 EtherCAT 简介

EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology) 是一种高性能实时以太网通信协议，用于在工业自动化领域中进行实时控制和通信。它是由德国 Beckhoff 自动化公司在 2003 年开发的，并被国际电工委员会 (IEC) 标准化为 IEC 61158 标准。

EtherCAT 的设计目标是实现极低的通信延迟和高带宽的数据传输，以满足高速控制和数据采集的需求。它通过一种特殊的主从架构实现，其中一个主站 (Master) 负责协调整个网络，而从站 (Slave) 则负责提供输入输出功能。具有实现性强、带宽高、灵活方便、集成容易、标准开发等优点。

EtherCAT 从器件含有 2 个以太网端口，以支持级联的网络结构。一般情况，主站需要 1 个以太网端口，但为了达到冗余的目的，主站要有 2 个以太网端口。一个 EtherCAT 网络能够支持多达 65535 个从站。

7.2 EtherCAT 状态

EtherCAT 执行的通讯状态机，主要用于管理主从站之间的通讯，通讯功能主要包含邮箱和过程数据的通讯。EtherCAT 状态机如图 7.1 所示。

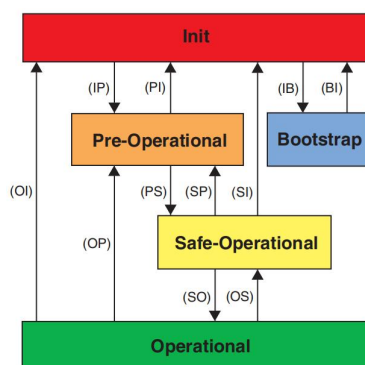


图 7.1 EtherCAT 状态机

EtherCAT 的状态机有如下特点：

- 1) 从 Init 初始化到 Operational 操作，必须严格按照 Init 初始化—>Pre-Operational 预操作—>Safe-Operational 安全操作—>Operational 操作的顺序从低到高进行转换，不可越级。
- 2) 从高到低转换时，可以越级转换。
- 3) 主站是所有的状态转换的发起者，从站响应主站所状态转换的请求。
- 4) 如果主站请求的状态转换失败，从站发送错误信息给主站。
- 5) 在 Bootstrap 引导状态，主站设备会通过 EtherCAT 网络向其他设备发送引导数据，这些数据包含了主站设备的配置信息和参数。从站设备接收到引导数据后，会根据这些信息进行相应的配置和初始化操作，以实现与主站的通信。
- 6) 一般运行到 Operational 操作状态后，才执行具体的应用协议，如 CiA402 电机控制通讯框架协议。

各状态的通讯功能如表 7.2 所示。

表 7.1 EtherCAT 通讯功能

状态	通讯功能
Init 初始化	主从站之间无通讯
Pre-Operational 预操作	邮箱通讯有效，无过程数据通讯，即 SDO 功能有效
Safe-Operational 安全操作	邮箱通讯及发送过程数据对象有效，即 SDO 及 TxPDO 有效
Operational 操作	邮箱通讯、接收及发送过程数据对象有效，即 SDO、RxPDO 及 TxPDO 有效
Bootstrap 引导	一般使用 FOE 协议的邮箱通讯。

7.3 EtherCAT 数据对象

7.3.1 SDO 服务对象

SDO 用于传输非周期数据，如通信参数配置和伺服运行参数配置。EtherCAT 主站可以通过使用 SDO 读写驱动系统的对象字典，从而配置、监控、控制驱动系统等等。

SDO 采用的是客户端/服务器模型，主站为客户端，驱动器为服务器，所有传输都必须是客户发起，服务器响应。发送方通过邮箱轮流发送数据，接收方通过轮询邮箱的方式，查找接收到的信息，所以 SDO 传输速度较慢。

7.3.2 PDO 过程对象

PDO 用于传输周期数据。周期数据是指在每个网络周期中，主站与从站之间传输的数据。这些数据都是驱动器运行所必需的，如：控制字，状态字，设定点等等。

PDO 一般用于实时的数据更新；其分为接收 PDO(RxPDO)和发送 PDO(TxPDO)，前者的数据流方向是主站到从站，后者则是从站到主站。PDO 传输数据前，主从站必须预先定义好多组 RxPDO 和 TxPDO 映射，如图 7.2 所示的 CiA402 电机协议常用的四组 PDO 映射。

以第二组为例说明。使用前，主从站同时登记：RxPDO 是在地址为 0x1601 开始的对象，并按顺序填入 Cortrolword 控制字和 Target Postition 目标位置的地址 0x6040 和 0x607A 以及其他必要的信息；TxPDO 是在地址为 0x1A01 开始的对象，并按顺序填入 Statusword 状态字和 Actual Postition 实际位置的地址 0x6041 和 0x6064 以及其他必要的信息。当主站发送第二组 RxPDO 后，因为从站预先被配置好的，硬件电路自动将收到的数据分配到 Cortrolword 和 Target Postition 所在的对象字典，驱动器被 PDO 中断唤醒，直接使用 Cortrolword 和 Target Postition 的数据，无需轮询。同理，从站在接收完成 RxPDO 后，硬件自动通过 TxPDO 发送 Statusword 和 Actual Postition 两个对象的数据给主站。PDO 的传输速度远高于 SDO，但仅适用于需要从站快速响应的小量数据。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

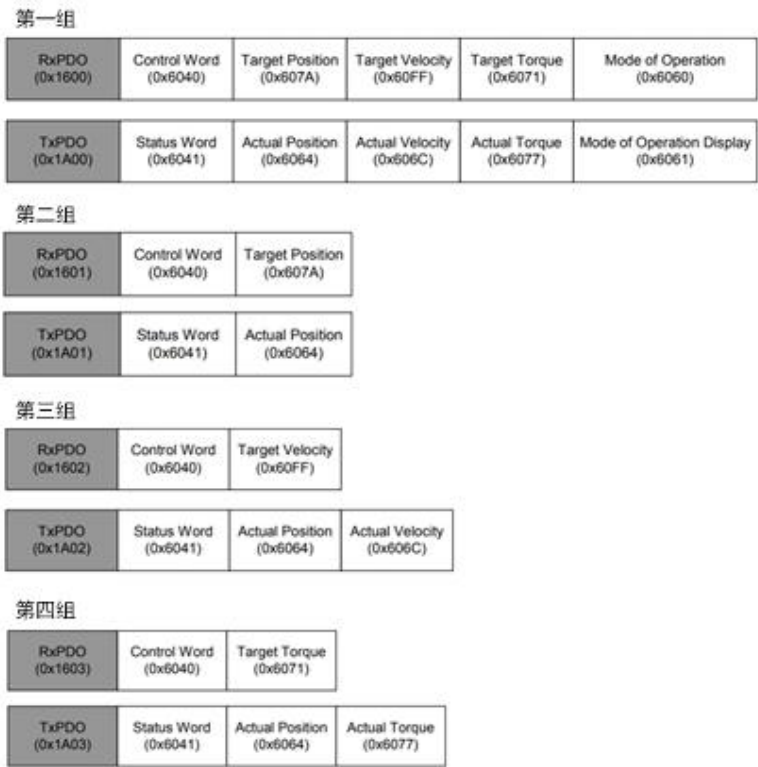


图 7.2 常见 PDO 映射组

7.3.3 SDO 和 PDO 对比

SDO 和 PDO 的对比如表 5.2 所示。

表 5.2 SDO 和 PDO 对比

对比内容	PDO	SDO
数据量	32 字节(E)/8 字节(C)	多为 4 字节(快速传输)
效率	高	低
优先级	高	低
实时性	实时	非实时
传输主动性	主动	被动
对象字典访问	间接访问 PDO 映射的对象	直接访问任意对象
同步性	同步或异步	异步
应用场合	实时数据传输	参数设置

7.4 EtherCAT 同步模式

同步模式需要使用 PDO，周期性地同步收发数据，例如 CiA402 协议中周期同步位置模式，主站定时通过 PDO 更新从站的目标位置。

7.4.1 SM 事件同步模式

在 SM 事件同步模式下，EtherCAT 总线通信的机制就是 Frame 数据帧到达从站后会触发 SM Event 事件信号，从站通过这个信号得知最新的 Frame 数据帧到达，并收发数据。

7.4.2 分布时钟同步模式

在分布时钟同步模式下，连接主站的第一个从站会产生一个高精度的时钟信号源，周期性地报告给主站和其他从站。主从站之间也会周期性地通 PDO 交换数据，但不同是，每个从站只有接收到时钟信号的瞬间，才会执行上一周期收到的 RxPDO 数据，并更新下一周期要发送的 TxPDO 数据。这种模式下，主站无需精确把控时间，但要比每个时钟信号提前一段时间收发完 PDO。

7.5 EtherCAT 从站信息

EtherCAT 中的 ESI 文件，即 EtherCAT Slave Information（EtherCAT 从站信息），是从站设备的配置文件，以 XML 格式呈现。此文件包含两部分关键内容：一是制造商信息，如制造商名称和 ID；二是从站描述信息，它涉及从站的基本信息和数据通讯的相关变量配置。

在 EtherCAT 系统中，ESI 文件的作用至关重要。当从设备上电时，系统会通过 I2C 总线读取 EEPROM 中的 ESI 文件内容，进而配置芯片内部的寄存器。此外，主站也会通过扫描来确定从设备的信息并进行一系列的处理工作。因此，ESI 文件在 EtherCAT 系统的连接和功能实现上起到了关键的作用。

8. CiA402 控制说明

8.1 CiA402 简介

CiA402 是一种主流的电机控制通讯框架协议，使用主从模式，主站控制多台从站（电机）的位置、速度或转矩等。CiA402 最初只在 CANopen 运行，目前已扩展到 Modbus RTU、Modbus TCP 和 EtherCAT 等实时总线。但不管任何总线，只要按 CiA402 流程操作寄存器，就能控制电机。

驱动器上电后，会尝试通过网口连接 EtherCAT 主站，或通过调试口连接 Modbus RTU 主站。如果已连接上 EtherCAT 主站，则先自动进入 EtherCAT 的 Operational 状态，之后按 CiA402 运行电机协议。如果未连接上 EtherCAT 主站，但已连接上 Modbus RTU 主站，则直接运行 CiA402。

8.2 CiA402 状态机

主站连通驱动器后，驱动器按图 8.1 运行 CiA402 工作流程。CiA402 定义了不同地址的对象，例如最重要的控制字和状态字（在 EtherCAT 中的地址分别是 6040h 和 6041h）。主站通过 SDO 或 PDO 写控制字，就能触发不同的跳转条件（例如 T2~T16），让驱动器在不同的状态中切换，同时主站通过读状态字，就能掌握驱动器的基本状态，例如是否有故障。在此基础上，还有了不同功能的对象，例如控制位置的目标位置对象（607Ah）。

8.2.1 状态

在 Start 到 Ready To Switch On 状态，只需接通控制电源、保持通讯即可，无需接通驱动电机的主电源，但电机未通电使能的。Switched On 状态表示控制电源和主电源都已接通，但电机未能通电使能。Operation Enabled 状态表示控制电源和主电源都已接通，电机已通电上锁。

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

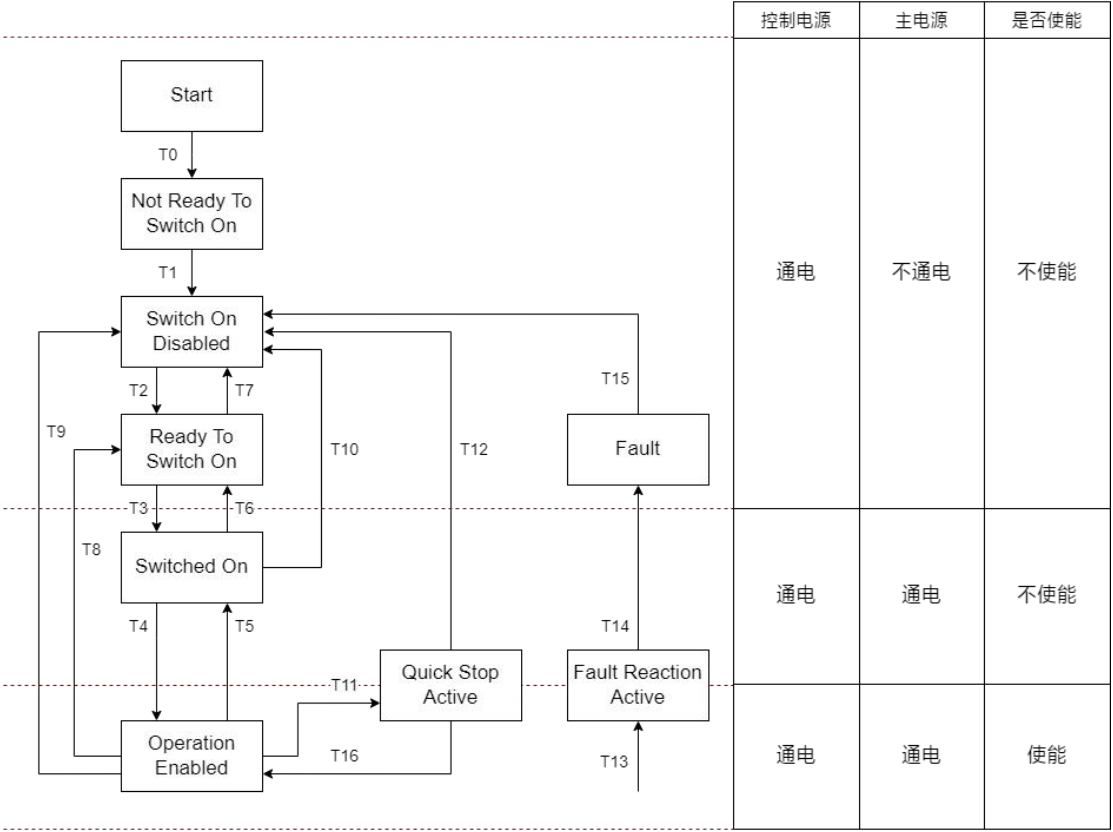


图 8.1 CiA402 工作流程

表 8.1 CiA402 状态

状态	驱动器动作
Not ready to switch on	控制电源已供电，开始初始化参数
Switch on disabled	初始化参数完毕
Ready to switch on	等待主电源供电
Switched on	控制电源和主电源都已供电，驱动器准备好，等待使能
Operation enabled	已被使能，电机可以运行
Quick stop active	电机快速减速停止
Fault reaction active	错误发生但未被处理，电机已停机
Fault	错误已被处理，等待切换到 Switch on disabled 状态

8.2.2 条件

图 8.1 各个跳转条件的说明如表 8.3 所示。控制字用于发送总线指令，状态字的 1~9 位表示跳转后的状态。另外本驱动器不含 STO 使能控制脚，表中 STO 固定为有效。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

表 8.2 CiA402 跳转条件

条件	说明	控制字 6040h	状态字 6041h (Bit1~9)
T0	控制电源已供电	自动跳转	0x0000
T1	参数已成功初始化	自动跳转	0x0250
T2	总线发 Shutdown 指令, 且 STO 有效	0x0006	0x0231
T3	总线发 Switch On 或 Enable Operation 指令	0x0007	0x0233
T4	自动跳转 (T3 已发送 Enable Operation) 或 总线发 Enable Operation 指令	0x000F	0x0237/0x1237
T5	总线发 Disable Operation 指令	0x0007	0x0233
T6	总线发 Shutdown 指令	0x0006	0x0231
T7	总线发送 Disable Voltage 或 Quick Stop 指令, 或 STO 无效	0x0000 或 0x0002 或自动 跳转	0x0250
T8	总线发送 Shutdown 命令	0x0006	0x0231
T9	总线发 Disable Voltage 指令或 STO 无效	0x0000 或自动跳转	0x0250
T10	总线发送 Disable Voltage 或 Quick Stop 指令或 STO 无效	0x0000 或 0x0002	0x0250
T11	总线发送 Quick Stop 指令, 或 DI1 被配置为 Quick Stop 功能且输入有效电平	0x0002	0x217
T12	总线发送 Disable Voltage 指令或 STO 无效	0x0000 或自动跳转	0x0250
T13	发生 2 等级故障	自动跳转	0x021F
T14	发生 3 或 4 等级的故障级 或 Fault reaction active 完成退出	自动跳转	0x0218
T15	指令 Fault Reset 指令或 STO 无效	0x0080 或自动跳转	0x0250
T16	总线发送 Enable Operation 指令	0x000F	0x0237/0x1237

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

8.3 CiA402 控制字

8.3.1 位定义

控制字 Controlword 的地址位于 6040h，主站通过它给从站发出不同的指令组合，各位的定义如表 8.3 所示。其中 Bit 8 Halt 为 1 时驱动器减速暂停，如果电机正在图 8.1 的 Operation enabled 状态运行，此位为 1 时电机将按当前模式下的减速度进行减速停止，并停留在 Operation enabled 状态。Bit 7 Fault reset 用于错误复位，如果出现了错误，此位从 0 变为 1 将清除当前的错误，并跳转到图 8.1 的 Switch on disabled 状态，等待再次运行。Bit 15~9 是预留位。Bit 3~0 是组合指令。

表 8.3 控制字位定义

15~9	8	7	6~4	3	2	1	0
N / A	Halt	Fault reset	Operation mode specific	Enable operation	Quick Stop	Enable voltage	Switch on

Bit6~4 是运行模式控制位，仅在 PP 轮廓位置和 HM 归零模式使用，如表 8.4 所示。

表 8.4 运行模式控制位定义

位	PP 轮廓位置	HM 归零
4	上升沿时更新目标位置	上升沿时开始归零
5	0: 到达当前的目标位置后，再往新的目标位置运行 1: 立刻往新的目标位置运行	---
6	0: 目标位置为绝对位置 1: 目标位置为相对位置	---

8.3.2 指令编码

控制字的 Bit 3~0 以及 Bit 7 组成命令代码，实现图 8.1 的跳转条件，如表 8.5 所示。

表 8.5 指令编码

指令名	位组合					跳转条件
	Bit 7	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
Shutdown	0	X	1	1	0	T2,T6,T8
Switch on	0	0	1	1	1	T3
Switch on + enable operation	0	1	1	1	1	T3 + T4
Disable voltage	0	X	X	0	X	T7,T9,T10,T12
Quick stop	0	X	0	1	X	T7,T10,T11
Disable operation	0	0	1	1	1	T5

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

指令名	位组合					跳转条件
	Bit 7	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	
Enable operation	0	1	1	1	1	T4,T16
Fault reset	0->1	X	X	X	X	T15

8.4 CiA402 状态字

8.4.1 位定义

状态字 Statusword 的地址位于 6041h，主站通过读取此对象获悉从站的当前状态，各位的定义如表 8.6 所示。

表 8.6 状态字位定义

位号	名称	说明
0	Ready to switch on	准备启动
1	Switch on	启动，主电源需接通
2	Operation enabled	允许启动，电机已通电上锁
3	Fault	错误
4	Voltage enabled	为 1 表示已接通主电源
5	Quick stop	为 0 表示正在快速停止
6	Switch on disabled	未启动
7	Warning	为 1 表示发生了错误等级为 0 的错误，即发出警告
8	N / A	本产品不使用
9	Remote	为 1 表示控制字的指令已被执行
10	Target reached	为 1 表示已达到目标值，位置、速度、转矩等
11	Internal limit active	本产品不使用
12~15	N / A	本产品不使用

8.4.2 状态编码

状态字的 Bit 0~3 以及 Bit5~6 组成状态编码，每组编码对应图 8.1 的一种状态，如表 8.7 所示。主站查询这些编码器，即能知道从站的当前状态。

表 8.7 状态编码

状态位组合	CiA402 状态
xxxx xxxx x0xx 0000b	Not ready to switch on
xxxx xxxx x1xx 0000b	Switch on disabled
xxxx xxxx x01x 0001b	Ready to switch on

状态位组合	CiA402 状态
xxxx xxxx x01x 0011b	Switched on
xxxx xxxx x01x 0111b	Operation enabled
xxxx xxxx x00x 0111b	Quick stop active
xxxx xxxx x0xx 1111b	Fault reaction active
xxxx xxxx x0xx 1000b	Fault

8.5 CiA402 运行模式

在进入 Operation enabled 状态后，驱动器将根据运行模式字 Modes of operation（地址 6060h）按不同的模式运行，如表 8.8 所示。本产品支持+8 周期同步位置模式（简称 CSP），+3 轮廓速度模式（PV），+1 轮廓位置模式（PP），+6 归零模式（HM）。

表 8.8 402 运行模式表

数值	定义
-128 ~ -1	厂家自定义
0	不执行任务
+1	Profile position mode PP 轮廓位置模式
+2	Velocity mode V 速度模式
+3	Profile velocity mode PV 轮廓速度模式
+4	Profile torque mode PT 轮廓转矩模式
+5	保留
+6	Homing mode HM 归零模式
+7	Interpolated position mode IP 插补位置模式
+8	Cyclic sync position mode CSP 周期同步位置模式
+9	Cyclic sync velocity mode CSV 周期同步速度模式
+10	Cyclic sync torque mode CST 周期同步转矩模式
+11 ~ +127	保留

8.5.1 到达和跟随判断

1. 位置到达和跟随

图 8.2 显示了在位置控制相关的模式下，位置到达的判断原理。**【Target position: 607Ah】**是目标位置，可以是绝对位置，如果控制字**【Controlword: 6040h】**的 Bit6 为 0 表示绝对位置，如果为 1 且**【Positioning option code: 60F2h】**为 0，相对上一个目标位置运行，如果**【Positioning option code: 60F2h】**为 2，相对当前实际位置运行。如果实际位置**【Position actual value: 6064h】**在设定的位置窗口**【Position window: 6067h】**范围内，且持续时间长于位置窗口时间**【Position window time: 6068h】**，就被判断为已到达目标位置，状态字的 Bit 10 被置

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

1。【Min position limit: 607Dh_01】、【Max position limit: 607Dh_02】用于限定最终的绝对目标位置的范围，【Home offset: 607Ch】是 HM 归零模式使用的偏移量。

在 CSP 周期同步位置模式下不支持位置到达的判断，且仅支持绝对位置控制。

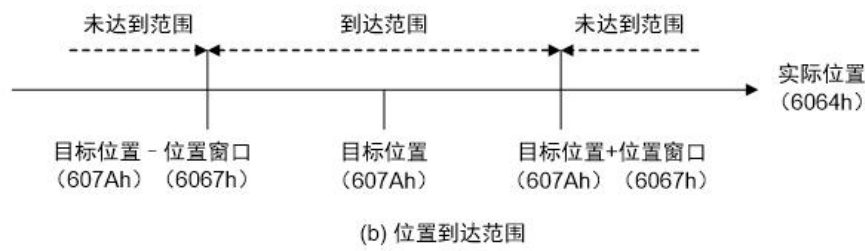
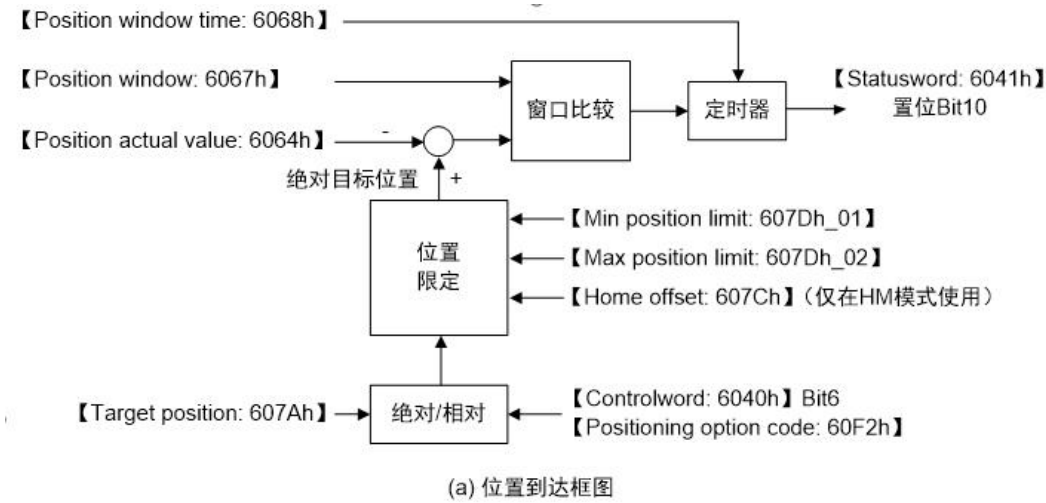


图 8.2 位置到达判断

图 8.3 位置跟随错误判断显示了 CSP 周期同步位置、PP 轮廓位置和 HM 归零等模式下位置跟随错误的判断原理。当驱动器内部位置误差大于跟随错误窗口【Following error window: 6065h】，且持续时间长于跟随错误超时实际【Following error time out: 6066h】，则就被判断为跟随错误，并且设定错误码到【Error code: 603Fh】。

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

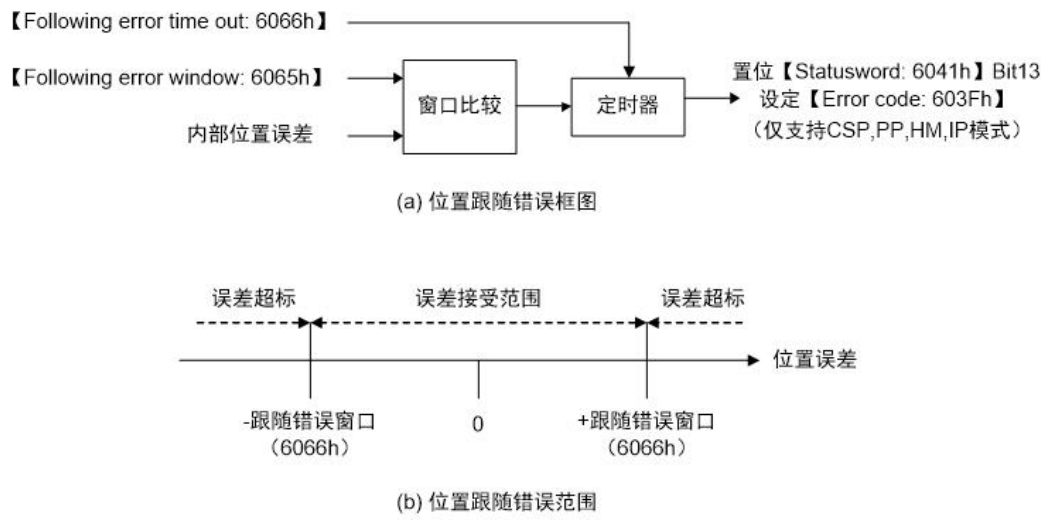


图 8.3 位置跟随错误判断

2. 速度到达和零速

图 8.4 显示了在 PV 轮廓速度模式下判断目标速度是否到达的原理。目标速度【Target velocity: 60FFh】被限定在【Max profile velocity: 607Fh】的范围内。当目标速度和实际速度【Velocity actual value: 606Ch】的差值，在速度窗口【Velocity window: 606Dh】的范围内，且持续时间长于【Velocity window time: 606Eh】，就被判断为速度到达，状态字的 Bit10 被置位。

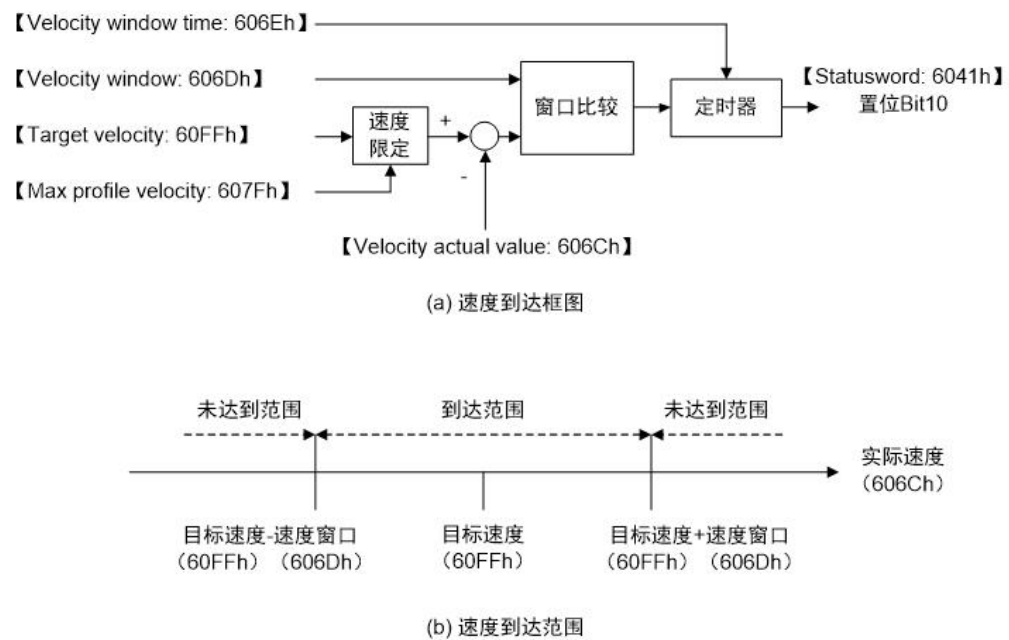


图 8.4 速度到达判断

图 8.5 显示了在 PV 轮廓速度模式下零速度的判断原理。当实际速度【Velocity actual value: 606Ch】在速度窗口【Velocity window: 606Dh】的范围内，且持续时间长于【Velocity window time: 606Eh】，就被判断为零速度，状态字的 Bit12 被置位。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

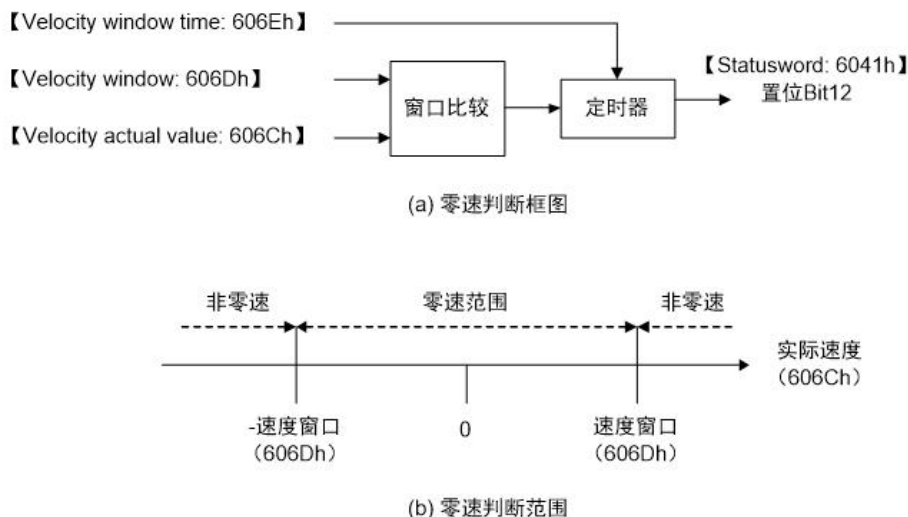


图 8.5 零速判断

8.5.2 CSP 周期同步位置模式

在 CSP 周期同步位置模式下，主站通过 PDO 定时更新目标位置。主站根据需求实现的加减速和匀速过程，精确计算好每个周期的目标位置，从站不负责加减速的处理。本驱动器 CSP 模式仅支持绝对运动，不支持相对运动。

1. SDO 初始化

先按下面的流程，通过 SDO 初始化必要的对象。其中带*的对象可使用默认值，不进行初始化。

- 1) 【Mode of operations: 6060h】*设定为周期同步位置模式(0x08)。
- 2) 【Following error window: 6065h】*设定最大的位置误差，单位 PUU。
- 3) 【Following error time out: 6066h】*设定最大误差的允许时间，单位 ms。
- 4) 【Position window: 6067h】*设定目标位置到达范围，单位步脉冲。
- 5) 【Position window time: 6068h】*设定目标位置到达范围的允许时间，单位 ms。
- 6) 【Min position limit: 607Dh_01】*设定目标位置最小限定值，默认-0x7FFFFFFF。
- 7) 【Max position limit: 607Dh_02】*设定目标位置最大限定值，默认 0x7FFFFFFF。

其中【Following error window: 6065h】设定最大允许的误差，即当前给定位置 and 实际位置的差值，如果误差一直大于此值，并且持续时间长于【Following error time out: 6066h】，就报错停机，先后进入 Fault reaction active 和 Fault 状态，【Statusword: 6041h】状态寄存器的 Fault 位置 1，【Error code: 603Fh】显示对应的错误码。往【Controlword: 6040h】写入 0x0080，触发 T15，返回 Switch on disabled 状态，可按上面流程重新开始执行。

2. PDO 控制

初始化完成后，将 slot 插槽切换到 csp 模式，再使用如下 PDO 控制电机，如表 8.9 所示。【Target position: 607Ah】，设定目标位置，【Controlword: 6040h】依次写入 0x06->0x07->0x0F，进入 Operation enabled 状态。随后主站规划目标位置，电机将运行到目标位置。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

注：以整步角度 1.8°，256 细分为例：如果【Target position: 607Ah】设置为 51200（（360/1.8（整步角度）） * 256（细分）），即电机转动一圈。细分数可以在 2xxxh 对象组中修改。

表 8.9 CSP 模式 PDO

方向	对象	名称	数据类型	单位	备注
RxPDO 驱动接收	【Controlword: 6040h】	控制字	UINT16	---	必选
	【Target position: 607Ah】	目标位置	INT32	微步	必选
TxPDO 驱动发送	【Statusword: 6041h】	状态字	UINT16	---	必选
	【Error code: 603Fh】	错误码	UINT16	---	可选
	【Position actual value: 6064h】	实际位置	INT32	微步	必选
	【Digital inputs: 60FDh】	数字信号输入	UINT32	---	可选

8.5.3 PP 轮廓位置模式

在 PP 轮廓位置位置模式下，主站通过 PDO 更新目标位置，驱动器自行实现加减速和匀速过程，最终到达目标位置。PP 模式支持绝对运动和相对运动。

1. SDO 初始化

先按下面的流程，通过 SDO 初始化必要的对象。其中带*的对象可使用默认值，不进行初始化。

- 1) 【Mode of operations: 6060h】*设定为轮廓位置模式模式(0x01)。
- 2) 【Following error window: 6065h】*设定最大的位置误差，单位 PUU。
- 3) 【Following error time out: 6066h】*设定最大误差的允许时间，单位 ms。
- 4) 【Position window: 6067h】*设定目标位置到达范围，单位步脉冲。
- 5) 【Position window time: 6068h】*设定目标位置到达范围的允许时间，单位 ms。
- 6) 【Profile jerk use: 60A4】*设定 Jerk 参数，仅使能 S 曲线时有效，单位 RPM/s/s。
- 7) 【Max profile velocity: 607Fh】设定最高限定速度，单位 0.1RPM。
- 8) 【Positioning option code: 60F2】*设定相对位置的方式，【Controlword: 6040h】的 Bit6 为 1 时表示相对运动，本对象有效，否则无效；本对象默认为 0 表示相对前一个目标位置运行，为 1 表示相对当前位置运行。(暂不支持相对运动)
- 9) 【Min position limit: 607Dh_01】*设定目标位置最小限定值，默认-0x7FFFFFFF。
- 10) 【Max position limit: 607Dh_02】*设定目标位置最大限定值，默认 0x7FFFFFFF。

2. PDO 控制

初始化完成后，将 slot 插槽切换到 pp 模式，再使用如下 PDO 控制电机，如表 8.10 所示。【Controlword: 6040h】的 Bit6~4 需按表 6.4 设定，Bit6 和 Bit5 设定绝对运动和相对运动，【Target position: 607Ah】设定目标位置。【Profile velocity: 6081h】设定轮廓速度，【Profile acceleration: 6083h】设定加速度，【Profile deceleration: 6084h】设定减速度。最后【Controlword: 6040h】依次写入 0x06->0x07->0x0F，进入 Operation enabled 状态。

最后【Controlword: 6040h】的 Bit4 出现 0->1，即由 0x0F->0x1F，电机将以设定的加速度加速到目标速度，最终以设定的减速度停在目标位置。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

在运行到目标位置过程中，如果修改【Target position: 607Ah】，电机不会运行到新设置的目标位置。只有当上一轮设置的位置到达后，才可以修改新的目标位置。并且重新将【Controlword: 6040h】的 Bit4 由 0->1。

如需在运行过程中修改目标位置并且立即执行，需将【Controlword: 6040h】的 Bit5 出现 0->1，即由 0x0F->0x3F，则立即设置新的目标位置。电机将立即执行运行到新的目标位置；往整个字写入 0x10F 电机减速停止。

表 8.10 PP 模式 PDO

方向	对象	名称	数据类型	单位	备注
RxPDO 驱动接收	【Controlword: 6040h】	控制字	UINT16	---	必选
	【Target position: 607Ah】	目标位置	INT32	微步	必选
	【Profile velocity: 6081h】	轮廓速度	UINT32	0.1RPM	必选
	【Profile acceleration: 6083h】	加速度	UINT32	RPM/s	必选
	【Profile deceleration: 6084h】	减速度	UINT32	RPM/s	必选
TxPDO 驱动发送	【Statusword: 6041h】	状态字	UINT16	---	必选
	【Error code: 603Fh】	错误码	UINT16	---	必选
	【Position actual value: 6064h】	实际位置	INT32	微步	必选
	【Velocity actual value: 606C】	实际速度	INT32	0.1RPM	必选

8.5.4 PV 轮廓速度模式

在 PV 轮廓速度模式下，让电机匀速转动。

1. SDO 初始化

先按下面的流程，通过 SDO 初始化必要的对象。其中带*的对象可使用默认值，不进行初始化。

- 1) 【Mode of operations: 6060h】*设定为轮廓速度模式(0x03)。
- 2) 【Velocity window: 606Dh】*设定目标速度到达范围，单位 0.1RPM。
- 3) 【Velocity window time: 606Eh】*设定目标速度到达范围的允许时间，单位 ms。
- 4) 【Profile jerk use: 60A4】*设定 Jerk 参数，仅使能 S 曲线时有效，单位 RPM/s/s。
- 5) 【Max profile velocity: 607Fh】*设定最高限定速度，单位 0.1RPM。

2. PDO 控制

初始化完成后，将 slot 插槽切换到 pv 模式，再使用如下 PDO 控制电机，如表 8.11 所示。【Target velocity: 60FFh】设定不同的目标速度，【Profile acceleration: 6083h】设定加速度，【Profile deceleration: 6084h】设定减速度。最后【Controlword: 6040h】控制字，依次写入 0x06->0x07->0x0F，进入 Operation enabled 状态。电机将以设定的加速度加速到目标速度，【Target velocity: 60FFh】目标速度，设定为 0 时，电机以该减速度减速停止。

表 8.11 PV 模式 PDO

方向	对象	名称	数据类型	单位	备注
RxPDO 驱动接收	【Controlword: 6040h】	控制字	UINT16	---	必选
	【Target velocity: 60FFh】	目标速度	INT32	0.1RPM	必选
	【Profile acceleration: 6083h】	加速度	UINT32	RPM/s	可选
	【Profile deceleration: 6084h】	减速度	UINT32	RPM/s	可选
TxPDO 驱动发送	【Statusword: 6041h】	状态字	UINT16	---	必选
	【Error code: 603Fh】	错误码	UINT16	---	可选
	【Position actual value: 6064h】	实际位置	INT32	微步	必选
	【Velocity actual value: 606Ch】	实际速度	INT32	0.1RPM	可选

8.5.5 HM 归零模式

在 HM 归零模式下，让电机找到零点。

1. SDO 初始化

先按下面的流程，通过 SDO 初始化必要的对象。其中带*的对象可使用默认值，不进行初始化。

- 1) 【Mode of operations: 6060h】*设定为归零模式(0x06)。
- 2) 【Following error window: 6065h】*设定最大的位置误差，单位 PUU。
- 3) 【Following error time out: 6066h】*设定最大误差的允许时间，单位 ms。
- 4) 【Position window: 6067h】*设定目标位置到达范围，单位步脉冲。
- 5) 【Position window time: 6068h】*设定目标位置到达范围的允许时间，单位 ms。

2. PDO 控制

初始化完成后，将 slot 插槽切换到 hm 模式，再使用如下 PDO 控制电机，如表 8.12 所示。设定【Homing speed switch: 6099h_01】寻找归零开关的最高速度，【Homing speed zero: 6099h_02】离开归零开关的最高速度，【Homing acceleration: 609Ah】归零的加减速。【Controlword: 6040h】的 Bit4 需按表 6.4 设定，出现 0->1 变化开始运动，1->0 暂停运动。【Homing method: 6098h】设定归零模式，17 使用正限位开关归零，18 使用负限位开关归零，其他设定不支持。设定完 PDO 后，【Controlword: 6040h】0x06->0x07->0x0F，进入 Operation enabled 状态，归零运动开始。

表 8.12 HM 模式 PDO

方向	对象	名称	数据类型	单位	备注
RxPDO 驱动接	【Controlword: 6040h】	控制字	UINT16	---	必选
	【Homing method: 6098h】	归零模式	INT8	---	可选

ZMTI-EF1200
步进电机驱动模块

收	【Homing speed switch: 6099h_01】	寻找归零开关的最高速度	UINT32	0.1RPM	可选
	【Homing speed zero: 6099h_02】	离开归零开关的最高速度	UINT32	0.1RPM	可选
	【Homing acceleration: 609Ah】	归零的加减速	UINT32	RPM/s	可选
	【Homeing offset: 607Ch】	零点偏移量	INT32	微步	可选
TxPDO 驱动发送	【Statusword: 6041h】	状态字	UINT16	---	必选
	【Error code: 603Fh】	错误码	UINT16	---	可选
	【Position actual value: 6064h】	实际位置	INT32	微步	必选
	【Velocity actual value: 606C】	实际速度	INT32	0.1RPM	可选

8.6 CiA402 其他说明

8.6.1 CiA402 数字信号

【Digital inputs: 60FDh】反馈输入数字信号的状态，为 0 表示无效，为 1 表示有效。Bit 0 为 DI 1，Bit 1 为 DI 2，Bit 3~31 保留。当配置使能限位功能后，DI 2 和 DI 1 能分别触发正负限位的故障。当 DI1 配置为 Quick Stop 功能后，DI1 有效电平触发 Quick Stop 功能。

9. 配置与升级

9.1 参数配置

驱动器的基本参数通过 ZLG EscWizard 向导软件修改。首先运行此软件，接着选择本驱动器配套的 xxx.wz 向导文件，然后选择详细模式(显示全部参数)或自动模式（显示部分重要参数），然后进入软件。在软件中，按提示一步一步配置需要修改的参数即可。如图 9.1 所示。



图 9.1 向导软件界面示例

修改后如何一次性将全部参数更新到驱动器。

方法 1 是：

- 1) 文件->导出EtherCAT配置文件，生成cfg配置文件。
- 2) 另外打开标准的EtherCAT主站软件，如TwinCAT，通过FOE功能下载刚生成的cfg文件到驱动器。重新上电生效。

方法 2 是：

- 1) 查看向导软件的电机参数说明。配合主站，例如TwinCAT，通过SDO修改200xh对象组，然后通过2FFEh对象或者2FFFh对象更新到驱动器。具体使用方式查看表9.4。

9.2 固件升级

打开标准的 EtherCAT 主站软件，如 TwinCAT，通过 FOE 功能下载配套的 bin 文件到驱动器。

10. 故障诊断与排除

驱动器检测到异常时就会发出报警，RUN 指示 LED 快闪，并且通过【Error code: 603Fh】能查询故障信息，如表 10.1 所示。

表 10.1 故障码

故障码	故障等级	含义	处理方法
0x2320	3	驱动短路	先断电，确定驱动线未被短路后，再上电尝试运行。
0x3210	2	电源过压	确定电源电压正常后，T15：控制字发送 Fault reset。
0x3220	2	电源欠压	确定电源电压正常后，T15：控制字发送 Fault reset。
0x4310	2	过温	确定温度下降到 50℃ 以下，T15：控制字发送 Fault reset。
0x5442	2	正限位	确定 DI 2 未被触发后，T15：控制字发送 Fault reset。
0x5443	2	负限位	确定 DI 1 未被触发后，T15：控制字发送 Fault reset。
0x5530	5	参数错误	通过【Default data: 2FFFh.1】恢复成出厂默认参数，或通过 FOE 固件升级。
0x7121	3	堵转/缺相	先断电，确定电机未被阻碍且驱动线已插好后，再上电尝试运行。
0x8611	2	位置跟随误差过大 (仅使能编码器时有效)	确定电机未被阻碍后，T15：控制字发送 Fault reset。
0xFF00	5	驱动器芯片异常	确定系统 24V 电压正常后，再上电尝试运行。

11. 对象字典

11.1 对象字典结构

对象字典结构遵照 CiA402 的标准，如表 11.1。

表 11.1 对象字典结构

索引	对象
0000H-----0FFFH	数据类型描述
1000H-----1FFFH	COE 通信对象
2000H-----5FFFH	厂家自定义对象
6000H-----9FFFH	设备子协议对象

11.2 对象组 1xxxh 分配

对象组 1xxxh 是 COE 通信对象，本驱动器用于参数配置，如表 11.2 所示。

表 11.2 对象组 1xxxh

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x1000	0	设备类型	R	UINT32	0~0xFFFFFFFF	0x00000192	
0x1008	0	设备名称	R	STRING	---	ZMTC-EF1200	
0x1009	0	硬件版本	R	STRING	---	1.00	
0x100A	0	软件版本	R	STRING	---	1.1.1	
0x1018	1	供应商 ID	R	UINT32	0~0xFFFFFFFF	0x201811	
0x1018	4	序列号	R	UINT32	0~0xFFFFFFFF	---	

11.3 对象组 2xxxh 分配

对象组 2xxxh 是厂家自定义对象，本驱动器用于参数配置，如表 11.3 所示。使用配套的上位机软件修改。对于属性为 RW 的对象，要确保 CiA402 状态机在 Switch on disabled 状态下(RUN LED 慢闪)，使用 SDO 修改，之后电机将按新参数运行，但如果重新上电，将恢复为默认参数。如果要将参数固化为出厂参数，则需要操作【User data: 2FFFh.0】对象。

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

表 11.3 对象组 2xxxh

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x2000	0	参数校验	R	UINT32	0~0xFFFFFFFF	---	此对象组按位异或
0x2001	0	参数版本	R	UINT32	0~0xFFFFFFFF	---	此对象组的版本
0x2002	0	参数数量	R	FLOAT	0~2147483647	34	
0x2003	0	母线电压量程	R	FLOAT	95.4	113.6	单位 V
0x2004	0	额定电压	R	FLOAT	1~48	48	单位 V
0x2005	0	过压电压	R	FLOAT	48~75	75	单位 V
0x2006	0	欠压电压	R	FLOAT	1~15	15	单位 V
0x2007	0	驱动最大电流	R	FLOAT	5	5	单位 A
0x2008	0	整步角度	R	FLOAT	---	1.8	单位度
0x2009	0	细分数	R	FLOAT	1~256	64	2 的 n 次方
0x200A	0	电机最大电流	R	FLOAT	0~5	2	单位 A
0x200B	0	保持电流	RW	FLOAT	0~1.5	0.25	单位 A
0x200C	0	静止电流的时延	RW	FLOAT	0~15	3	
0x200D	0	堵转检测参数	R	FLOAT	-64~63	63	
0x200E	0	堵转检测速度极限	R	FLOAT	0~2147483647	100	单位 RPM
0x200F	0	额定转速	R	FLOAT	1~2147483647	800	单位 RPM
0x2010	0	PWM 载波频率	R	FLOAT	1~47000	47000	单位 Hz
0x2011	0	编码器使能	R	FLOAT	0 或 1	0	1 使能, 0 不使能 (使能时需将细分数 0x2009 设置为 256 细分)
0x2012	0	编码器分辨率	R	FLOAT	0~2147483647	1000	
0x2013	0	编码器反向	R	FLOAT	0 或 1	0	0 不反向, 1 反向
0x2014	0	闭环调节的最大换向角	R	FLOAT	0~511	255	
0x2015	0	换向角度的增益参数	R	FLOAT	0~16711680	65536	
0x2016	0	位置偏差最大值	R	FLOAT	0~90	50	使能编码器时, 位置偏差

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x2017	0	加减速模式	R	FLOAT	1 或 2	1	1 梯形, 2 S 形
0x2018	0	默认加速度	R	FLOAT	1~2147483647	4915	单位 RPM/s
0x2019	0	默认减速度	R	FLOAT	1~2147483647	4915	单位 RPM/s
0x201A	0	默认 S 形参数	R	FLOAT	1~2147483647	600	单位 RPM/s^2
0x201B	0	左右限位开关	R	FLOAT	0 或 1	1	0 禁能, 1 使能
0x201C	0	默认运行模式	R	FLOAT	3	3	保留 (无需配置)
0x201D	0	位置环电子齿轮分子	R	FLOAT	1~2147483647	1	
0x201E	0	位置环电子齿轮分母	R	FLOAT	1~2147483647	1	
0x201F	0	位置环位置偏差最大值	R	FLOAT	1~2147483647	20000	单位步脉冲
0x220	0	位置环位置偏差超时值	R	FLOAT	1~65535	2000	单位 ms
0x2021	0	位置环位置窗口	R	FLOAT	1~2147483647	200	单位步脉冲
0x2022	0	位置环位置窗口时间	R	FLOAT	1~65535	10	单位 ms
0x2023	0	速度环速度窗口	R	FLOAT	1~2147483647	100	单位 0.1RPM
0x2024	0	速度环速度窗口时间	R	FLOAT	1~65535	10	单位 ms

表 11.4 所示对象用于固化参数, 要确保 CiA402 状态机在 Switch on disabled 状态下, 才能通过 SDO 修改。

【User data: 2FFEh】将当前 2xxxh 的对象组固化为用户使用的参数。先写入 0x1234, 然后写入 0x4321, 如果自动变为 0, 表示 2xxxh 的对象组被固化为用户使用的参数, 驱动器立刻按 2xxxh 的参数运行, 且重新上电后也如是。变为 0xFFFF 表示固化失败, 【Error code: 603Fh】将显示对应的错误码。如果写入 0x1234、0x4321 或 0xFFFF 以外的数值, 此对象都将自动变为 0。

【Default data: 2FFFh】将出厂默认参数固化为用户使用的参数。先写入 0x5678, 然后写入 0x8765, 如果自动变为 0, 表示出厂默认参数被固化为用户使用的参数, 驱动器立刻按出厂默认参数运行, 且重新上电后也如是。变为 0xFFFF 表示固化失败, 【Error code: 603Fh】将显示对应的错误码。如果写入 0x5678、0x8765 或 0xFFFF 以外的数值, 此对象都将自动变为 0。

注意: 修改 2xxxh 对象组时, 必须按表 11.3 的范围输入, 且不能经常固化, 否则容易损坏驱动器。

表 11.4 参数读写使能

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x2FFE	0	User data	RW	UINT16	0/0x1234/0x4321/0xFFFF	0	
0x2FFF	0	Default data	RW	UINT16	0/0x5678/0x8765/0xFFFF	0	

11.4 对象组 3xxxh 分配

对象组 3xxxh 是厂家自定义功能对象，本驱动器用于引脚功能/特殊功能配置。需要在每次上电后进行配置，掉电后恢复为默认值。电机启动时，如需修改，可以通过 SDO 修改该对象组对应参数。

表 11.5 对象组 3xxxh

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x3000	0	Latch Cfg	RW	UINT8	0~1	0	保留

11.5 对象组 6xxxh 分配

对象组 6xxxh 是设备子协议对象，本驱动器用于 CiA402 协议，如表 11.6 所示。

表 11.6 对象字 6xxxh

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x603F	00	Error code	R	UINT16	0~0xFFFF	0	
0x6040	00	Control word	RW	UINT16	0~0xFFFF	0	
0x6041	00	Status word	R	UINT16	0~0xFFFF	0	
0x6060	00	Modes of operation	RW	INT8	1	8	
0x6061	00	Modes of operation display	R	INT8	1	8	
0x6064	00	Position actual value	R	INT32	-0x7FFFFFFF~0x7FFFFFFF	0	
0x6065	00	Following error window	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	20000	

ZMTI-EF1200

步进电机驱动模块

对象字典	子索引	名称	属性	类型	范围	默认值	备注
0x6066	00	Following error time out	RW	UINT16	0~0xFFFF	2000	
0x6067	00	Position window	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	200	
0x6068	00	Position window time	RW	UINT16	0~0xFFFF	10	
0x606C	00	Velocity actual value	R	INT32	-0x7FFFFFFF~0x7FFFFFFF	0	单位 0.1RPM
0x607A	00	Target position	RW	INT32	-0x7FFFFFFF~0x7FFFFFFF	0	
0x6081	00	Profile velocity	RW	INT32	0~0x7FFFFFFF	800	单位 0.1RPM
0x6083	00	Profile acceleration	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	4915	单位 RPM/s
0x6084	00	Profile deceleration	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	4915	单位 RPM/s
0x6085	00	Quick stop deceleration	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	4915	单位 RPM/s
0x6093	01	Position factor Num	RW	INT32	0~0x7FFFFFFF	1	
0x6093	02	Position factor Den	RW	INT32	0~0x7FFFFFFF	1	
0x60A4	00	Profile jerk use	RW	UINT32	0~0x7FFFFFFF	600	
0x60FD	00	Digital inputs	R	UINT32	0~0x7FFFFFFF	0	数字输入
0x60FF	00	Target velocity	RW	INT32	-0x7FFFFFFF~0x7FFFFFFF	0	单位 0.1RPM

12. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子股份有限公司（下称“致远电子”）在本手册中将尽可能地为用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！

诚信共赢，持续学习，客户为先，专业专注，只做第一

广州致远电子股份有限公司

更多详情请访问
www.zlg.cn

欢迎拨打全国服务热线
400-888-4005

