

ES 系列 EtherCAT-ET 通讯扩展卡

使用说明书



深圳库马克科技有限公司 EtherCAT-ET 通讯扩展卡 说明书资料编码：36030008 版本：V1.2

生效日期：2023-03-01

地址：深圳市光明区光明街道东周社区库马克大厦 3F 邮政编码：518107 服务热线：(+86)400 619 2001

一、安装与设置

1、安装

将 EtherCAT 扩展卡内嵌入 ES580 系列驱动器卡槽中，待驱动器电源指示灯彻底熄灭后再进行安装。安装方式如图 1-1 所示：



图 1-1 EtherCAT 卡安装方式

机械与电气安装说明：

- 1) 安装前请确认驱动器在断电状态下。
- 2) 拆开驱动器前盖参考上图插入本卡后(插于 SLOT2 卡槽)用包装盒内 M3*8 螺钉将其锁定。
- 3) 采用标准以太网 RJ45 型插座与 EtherCAT 主站连接，其引脚信号定义与标准以太网管脚一致，交叉线及直连线均可。。
- 4) 为防止干扰请使用合格的符合电气强度的配线，且与其它控制线、电机线、电源线保持 15CM 以上距离，必须交错时请遵守相互垂直通过配线的原则。
- 5) 请使用此产品于无腐蚀性气体、液体及无尘垢的室内环境。

2、通讯指示灯作用

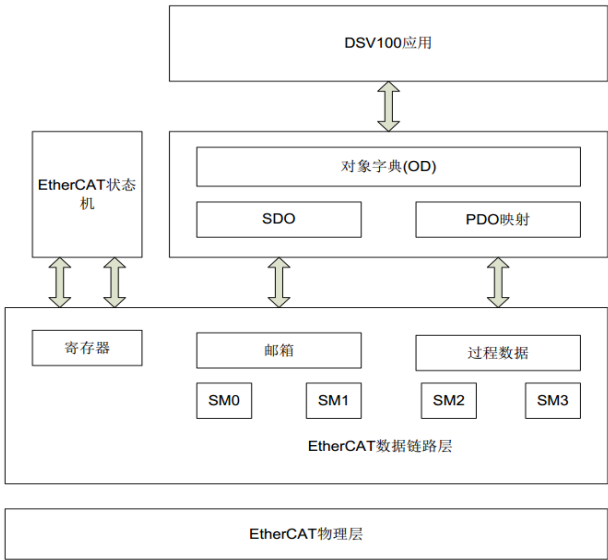
EtherCAT 通讯扩展卡上配有 6 个 LED 指示灯：DL3、LED1、LED5、LED6、LED7。每个灯的指示作用如下：

指示灯		状态描述	处理办法
DL3	常亮	EtherCAT 卡电源正常	无
	常灭	EtherCAT 卡电源异常	检查 EtherCAT 卡安装和驱动器上电
LED1	常亮	LN9252 工作于 OP 模式，主站和从站正常通信读写	无

		数据。	
	闪烁	LN9252 工作于 PREOP/SAFEOP 模式	确认组态工作模式，确认驱动器是否支持 EtherCAT 卡且已设置 50.00 为 2，确认网口连接方式是否正确
	常灭	LN9252 未连接主站或工作于 Initial 模式	确认主站是否连接正常，确认前级网口是否连接正常
LED5	常亮	正常	无
	常灭	EtherCAT 卡与主控板之间通讯异常	设置 50.00 为 2，确认驱动器是否支持 EtherCAT 卡
LED6	常亮	正常	无
	常灭	MCU 与 LN9252 之间存在通信异常	确认组态工作模式，确认驱动器是否支持 EtherCAT 卡且已设置 50.00 为 2，确认网口连接方式是否正确
LED7	闲置	无	无
LED8	闲置	无	无

二、应用层协议

1、CoE 通讯协议模型：CANOPEN over TtherCAT(CoE)



CoE 工作原理

EtherCAT 网络包括两部分：数据链路层和应用层。数据链路层主要负责 EtherCAT 通讯，应用层嵌入了 CANopen 通讯规约。CoE 中的对象包括了参数、应用数据以及 PDO 映射配置信息。

为了使 SDO 与 PDO 数据能在 EtherCAT 数据链路层上得到正确解析，需要对

FMMU 和 Sync Manager(同步管理器)进行配置:

EtherCAT 状态机描述

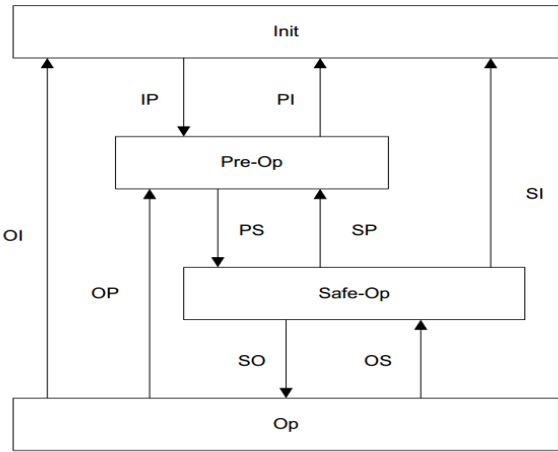
同步管理	配置	大小	起始地址
Sync Manager 0	分配给接收 SDO	512bytes	0x1000
Sync Manager 1	分配给发送 SDO	512bytes	0x1400
Sync Manager 2	分配给接收 PDO	128bytes	0x1800
Sync Manager 3	分配给发送 PDO	128bytes	0x1C00

2、从站配置文件

EtherCAT 从站信息文件(XML 文件)是用于主站读取，用于构建主站与从站的组态。

3、EtherCAT 状态机

EtherCAT 状态机用于描述从站应用的状态和改变状态。状态改变由主站发起，从站响应。



EtherCAT 状态机流程图

状态	描述
Init	SDO 通信不能使用；PDO 通信不能使用
Init to Pre-Op	主站配置 SDO 通信的数据链路层地址和同步管理(SM)通道；主站初始化分布时钟(DC)同步信息；主站请求跳转至 Pre-Op 状态；主站配置应用层控制寄存器；从站检查是否已正常初始化邮箱
Pre-Op	SDO 通信可以使用；PDO 通信不能使用
Pre-Op to Safe-Op	主站配置 PDO 通信的同步管理(SM)通道以及 FMMU 通道；主站通过 SDO 通信配置 PDO 映射；主站请求跳至 Safe-Op 状态；从站检查 PDO 配置和分布时钟(DC)是否正确配置。
Safe-Op	SDO 通信可以使用；接收 PDO 通信可以使用，发送 PDO 通信不能使用，处于 safe 状态。

Safe-Op to Op	主站请求跳转至 Op 状态
Op	SDO 通信可以使用；PDO 通信可以使用

4、PDO 过程数据映射

RXPDO1: 对象字典 1600h 配置映射对象，第一个映射字与第二个映射字是固定的

	第一个字	第二个字	第三个字	第四个字
RXPDO1 映射对象	现场总线控制字 驱动器参数索引 0.01	现场总线给定 1 驱动器参数索引 0.02	不限	不限

RXPDO2: 对象字典 1601h 配置映射对象

RXPDO3: 对象字典 1602h 配置映射对象

RXPDO4: 对象字典 1603h 配置映射对象

TXPDO1: 对象字典 1A00h 配置映射对象

TXPDO2: 对象字典 1A01h 配置映射对象

TXPDO3: 对象字典 1A02h 配置映射对象

TXPDO4: 对象字典 1A03h 配置映射对象

5、同步管理 PDO

EtherCAT 过程数据的交换还需要把 PDO 分配到同步管理(Sync Manager)通道。通过同步管理 PDO 分配对象(1C12h 和 1C13h)建立了 PDO 和同步管理的关系。

PDO 映射对象(索引 1600h 至 1603h，1A00h 至 1A03h)及同步管理 PDO 分配对象(索引 1C12h 和 1C13h)只能在 Pre-Operation 状态进行写操作。PDO 映射配置过程如下：

- (1) 通过把对象 1C12h 和 1C13h 的子索引 0 设置为 0，禁止同步管理单元的 PDO 映射配置；
- (2) 设置 PDO 映射对象:1600h 至 1603h，1A00h 至 1A03h；
- (3) 设置同步管理单元的 PDO 映射分配:1C12h 和 1C13h 的子索引 1,2,3...；
- (4) 通过把对象 1C12h 和 1C13h 的子索引 0 设置为 1，使能同步管理单元的 PDO 映射分配

6、分布时钟的网络同步

分布时钟(Distributed Clock)可以使所有 EtherCAT 设备使用相同的系统时钟，从而控制各设备任务的同步执行。EtherCAT 网络中以主站连接的第一个具有分布时钟功能的从站的时钟作为整个网络的参考时钟，其余从站和主站都已参考时钟为基准来进行同步。

Free-Run: 各伺服驱动器运行周期和通信周期与主站通信周期无关

DC Mode: 伺服驱动器通过主站的 Sync0 事件进行同步。

CiA402 规约目前不涉及，通过制造商专用参数修改和反馈运行参数。制造商专用参数 2000h-203Fh 对应驱动器第 0 组-第 63 组参数。

7、ES 系列驱动器专用参数

参数地址	Index 索引	Sub-Index 子索引	Name 名称	Type 类型	Attr 属性	说明
00.00~00.30	2000	1	空	U16	RW	
		2	现 场 总 线 控制字	U16	RW	
		3	现 场 总 线 给定 1	U16	RW	
		4	现 场 总 线 给定 2	U16	RW	
		5	现 场 总 线 状态字	U16	RO	
		6	现 场 总 线 实际值 1	U16	RO	
		7	现 场 总 线 实际值 2	U16	RO	
		8	现 场 总 线 模块输入 1	U16	RW	
		9	现 场 总 线 模块输入 2	U16	RW	
		...				
		19	现 场 总 线 模 块 输 入 12	U16	RW	
		20	现 场 总 线 模块输出 1	U16	RO	
		21	现 场 总 线 模块输出 2	U16	RO	
		...				
		31	现 场 总 线 模 块 输 出 12	U16	RO	

参数地址	Index 索引	Sub-Index 子索引	Type 类型	Attr 属性
1.00	2001	1	U16 或 S16	RO
1.01	2001	2	U16 或 S16	RO
...				
1.10	2001	11	U16 或 S16	RO

...				
2.00	2002	1	U16 或 S16	RO
...				
10.00	200A	1	U16 或 S16	RW
...				
63.00	203F	1	U16 或 S16	RW

三、驱动器控制

现场总线控制字（参数地址 0001，对应监控参数 06.05）

正转启动命令：0x882；停止命令 0x881；复位命令：0x981；反转启动命令：0x8882；

其他命令根据现场总线控制字说明给定。

现场总线控制字		
位	名称	信息
0	Stop (停机)	1 = 驱动器停机。
		0 = 保持当前状态。
1	Start (启动)	1 = 驱动器启动。
		0 = 保持当前状态。
2	StopMode OFF2 (紧急停机模式)	1 = 强制为紧急停机模式
3	StopMode OFF3 (自由停机模式)	1 = 强制为自由停机模式
4	Local ctrl (本地控制)	1 = 请求本地控制。
5	StopMode ramp (减速停机模式)	1 = 强制为减速停机模式
6	StopMode coast (自由停机模式)	1 = 强制为自由停机模式
7	Run enable (运行使能)	1 = 运行使能。 0 = 运行禁止。
8	Reset (复位)	0->1 复位驱动器故障
9	Jog1 (点动 1)	1 = 点动 1 启动。
10	Jog2 (点动 2)	1 = 点动 2 启动。
11	Remote (远程控制)	1 = 请求远程控制。
12	Ramp in 0	1 = 强制给定斜坡发生器输入为 0。
13	Ramp hold	1 = 强制给定斜坡发生器输出保持不变。
14	Ramp out 0	1 = 强制给定斜坡发生器输出为 0。
15	Reverse	1 = 反转指令

现场总线状态字（参数地址 0004）

位	名称	信息
0	Ready	1:运行就绪

1	Enabled	1 = 运行使能
2	Modulating	1 = 有 PWM 信号输出
3	Following ref	
4	EM OFF2	1 = 自由停机模式
5	EM OFF3	1 = 紧急停机模式。
6	Start inhibit	1 = 启动禁止
7	Alarm	1 = 报警
8	At setpoint	1 = 输出与设定一致(速度达到或者转矩达到)
9	Torque limited	1 = 转矩限幅
10	Speed limited	1 = 速度限幅
11	EXT2 active	1 = 控制地 2 有效。
12	Local ctrl	1 = 本地控制。
13	Zero speed	1 = 零速。
14	Direction reverse	1 = 反转。
15	Fault	1 = 故障。

四、应用范例

1、驱动器相关设置

接线完成后，对驱动器完成相关的设置（将其设置为给定速度启动），所需设置的参数如下：

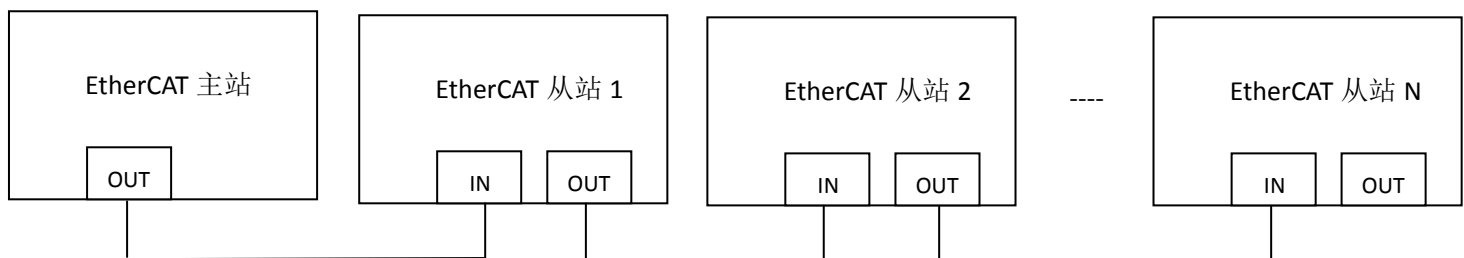
- 10.00（远程 1 启动功能）设置为 5（现场总线）；
- 11.02（远程 1 控制模式）设置为 0（速度）；
- 21.00（速度 ref1 信号源）选择（现场总线给定 1）；
- 24.00（转矩 ref1 信号源）选择（现场总线给定 2）；
- 50.00（现场总线使能）设置为 2；
- LOC/REM（本地/远程控制）设置为 REM 远程控制；
- 50.18（输出数据 2）设置为 0；

2、EtherCAT 卡与 EtherCAT 主站通讯配置说明

EtherCAT 卡与 ES580 驱动器实现通讯之后，需要与 EtherCAT 主站正确接线，设置相关通讯配置，即可实现 EtherCAT 卡与 EtherCAT 主站的通讯，从而实现驱动器组网功能。

2.1、EtherCAT 的拓扑

EtherCAT 支持的拓扑结构包括总线型、星型、树型等，以及各种拓扑结构的组合，使设备连接布线非常灵活方便。总线型连接拓扑图如下图所示。



总线型连接拓扑图

2.2、PDO 区数据描述

PDO 区数据实现主站实时对驱动器数据更改和读取及周期性的数据交互。数据的通讯地址由驱动器直接配置。主要包含以下内容：

- a) 现场总线控制字、现场总线给定 1、现场总线给定 2
- b) 现场总线状态字
- c) 驱动器与 EtherCAT 主站之间功能参数、监视参数数据实时交互

PDO 过程数据主要完成主站与驱动器之间周期性数据交互，交互数据如下表：

主站发送 PDO 区（0x1600）			
固定 RPDO			可变 RPDO
现场总线控制字	现场总线给定 1	现场总线给定 2	驱动器功能参数实时更改
RPDO1	RPDO2	RPDO3	RPDO4~ RPDO10
主站接收 PDO 区（0x1A00）			
现场总线状态字	驱动器功能参数实时读取		
TPDO1	TPDO2~ TPDO10		

3、EtherCAT 卡配合倍福控制器操作案例

下面以倍福公司的 TwinCAT 主站为例，讲述 EtherCAT 卡的简单配置使用过程。

注意：关于网卡，必须选择采用 intel 芯片的百兆以太网卡。其他品牌的网卡，存在不支持 EtherCAT 运行的风险。

1) TwinCAT 安装

Windows xp 系统：建议安装 tcat_2110_2230

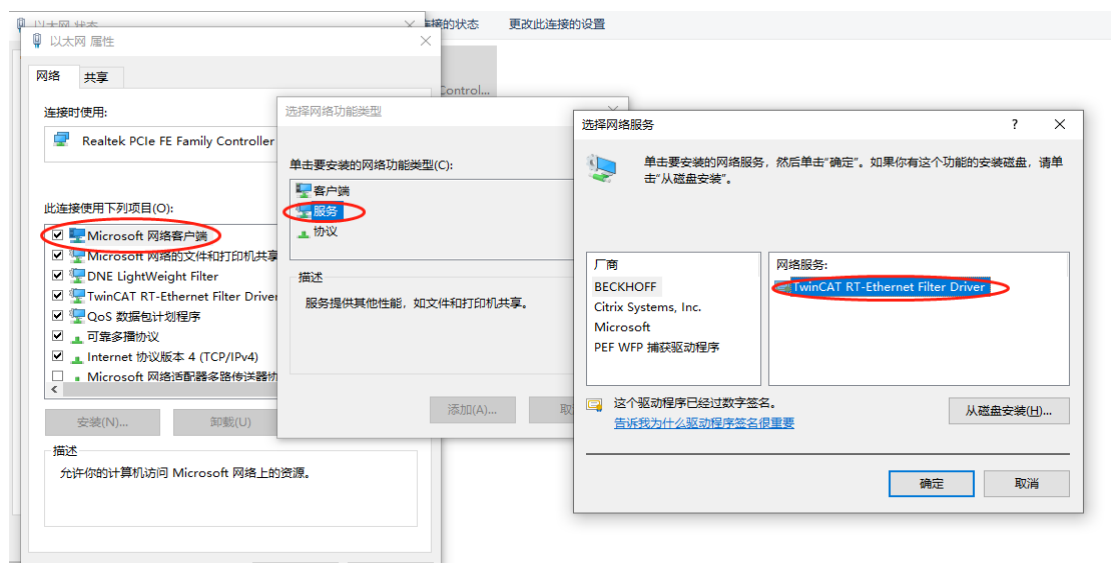
Windows 7 32 位系统系统：建议安装 tcat_2110_2248

2) 把 EtherCAT 配置文件（ES580_1Axis_V1.06.xml）拷贝到 twinCAT 安装目录下。

TwinCAT2 目录：TwinCAT\IO\EtherCAT。

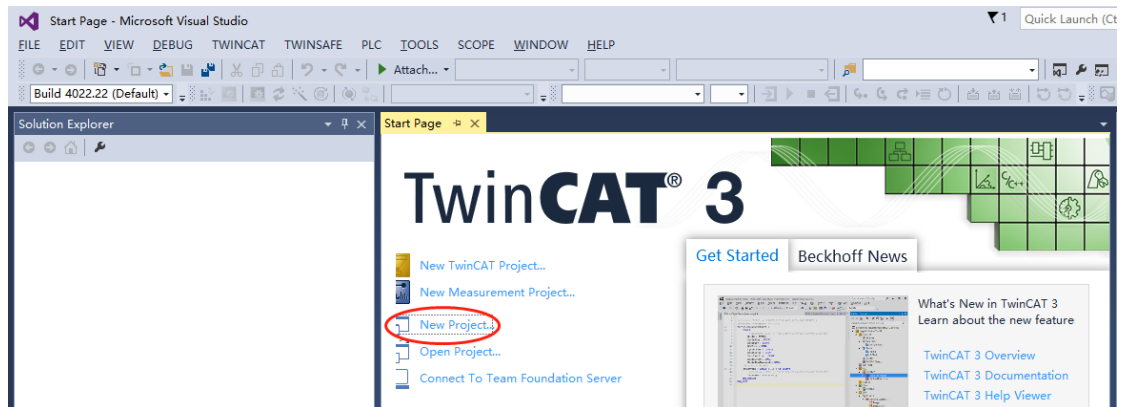
TwinCAT3 目录：TwinCAT\3.1\config\IO\EtherCAT。

安装软件后，打开以太网属性，选择 Microsoft 网络客户端—服务—安装协议

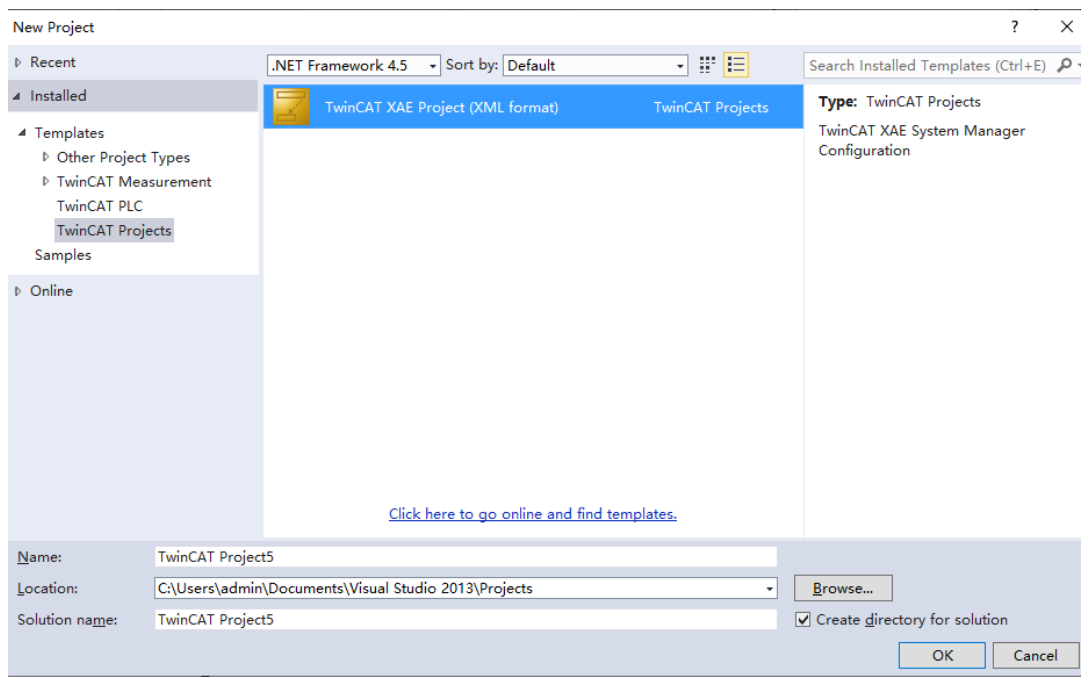


下面以 TwinCAT3 进行说明，TwinCAT2 操作与 TwinCAT3 类似。

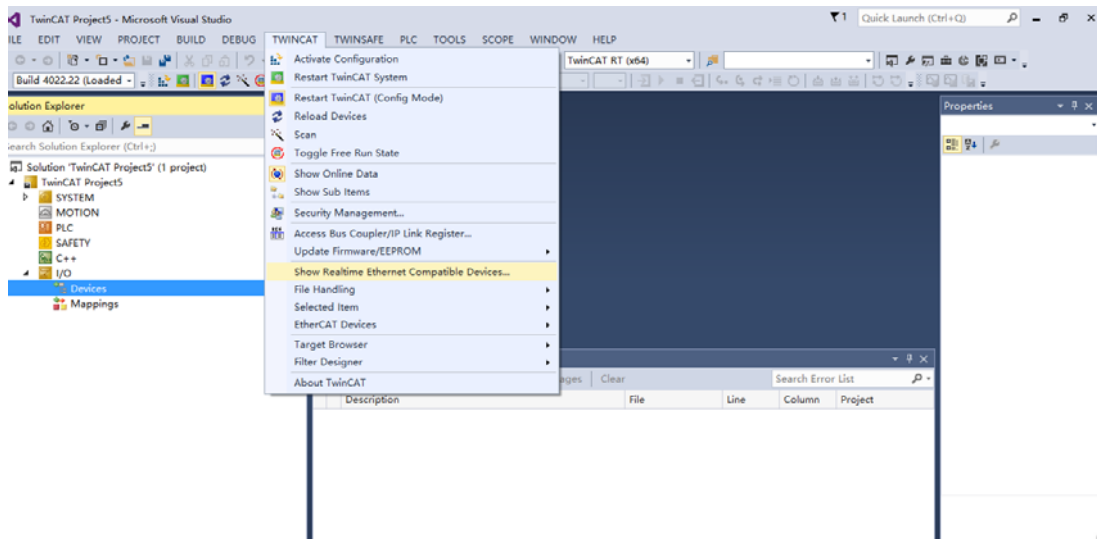
3) 打开 TwinCAT，新建工程，单击“New Project”。



点击 OK，创建新工程。



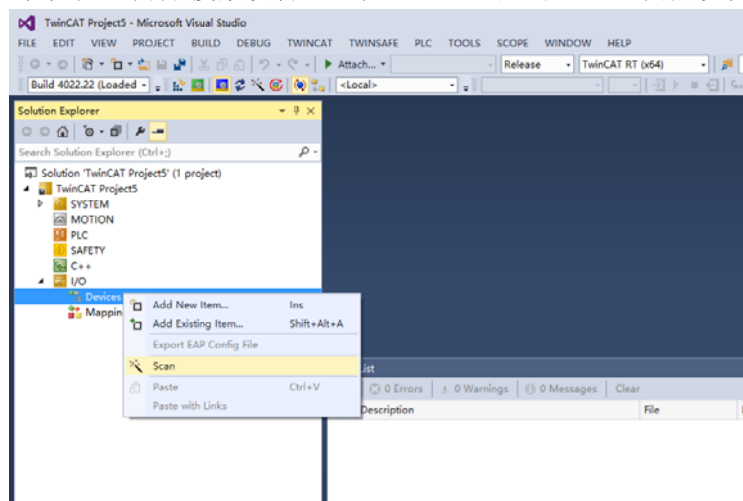
4) 安装 TwinCAT 网卡驱动



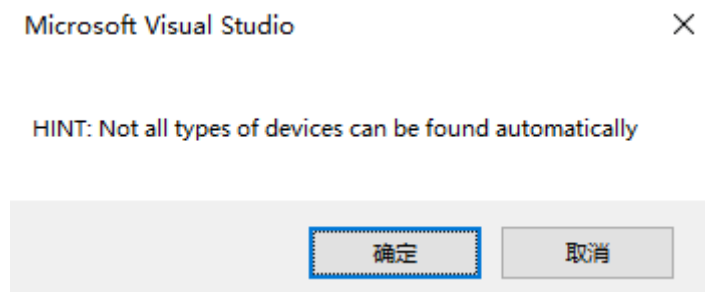
打开上图菜单“Show Real Time Ethernet Compatible Devices...”，跳出下图对话框，在“ incompatible devices”栏选上本地网站后，点击“install”。安装完成后如下图在“Instaled and ready to use devices ” 栏出现已经安装好的网卡

5) 设备搜索

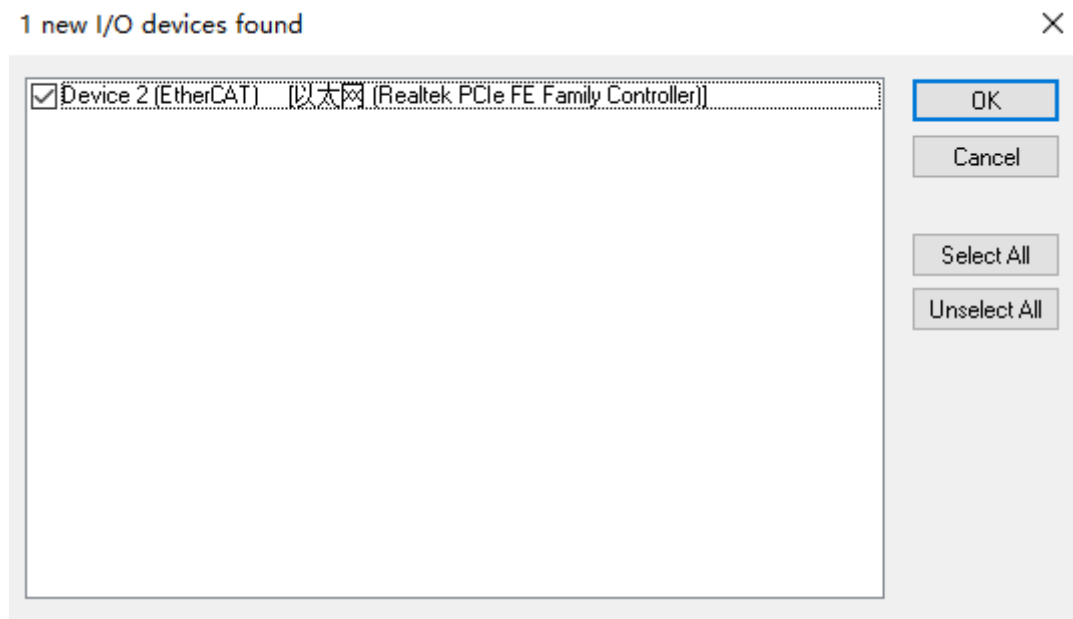
新建一个新的工程页后，开始搜索设备，右键 Device，点击 Scan，扫描设备，如下图：



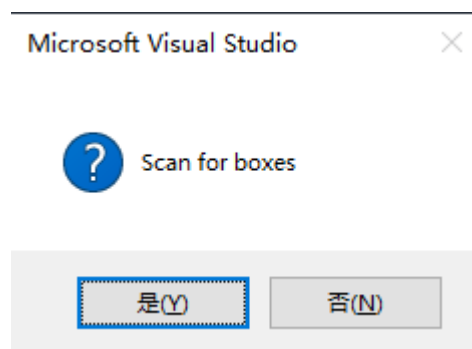
点击“确定”。



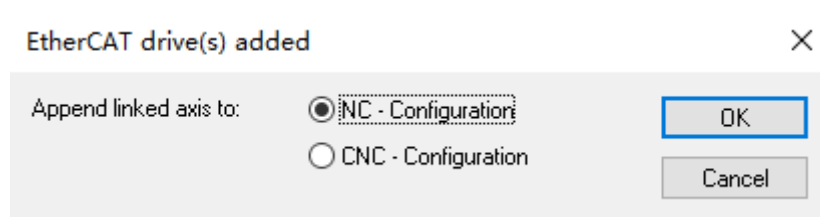
点击“OK”。



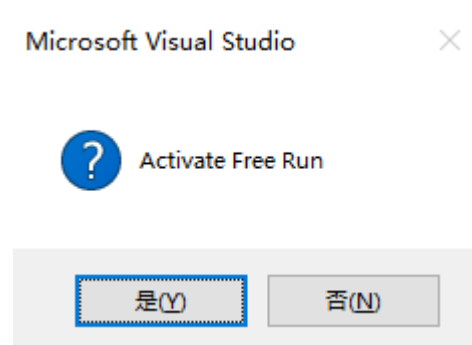
点击“是”。

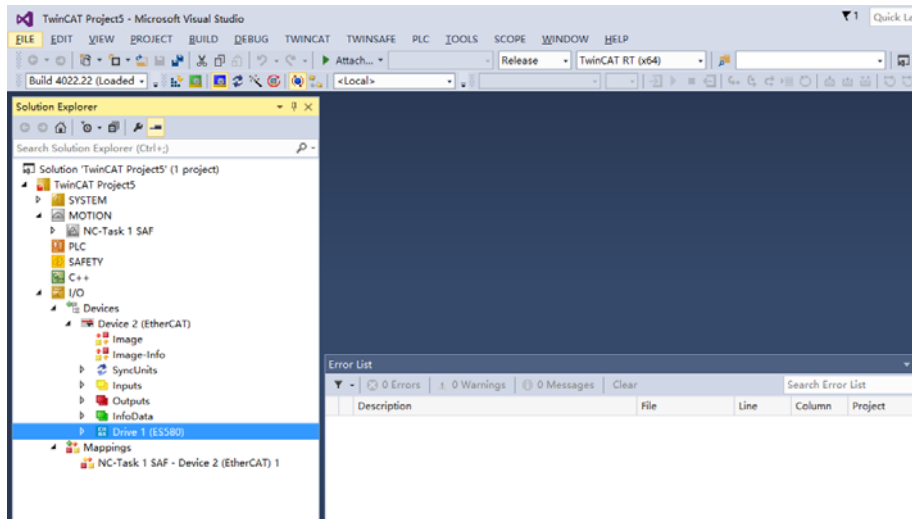


点击“OK”。



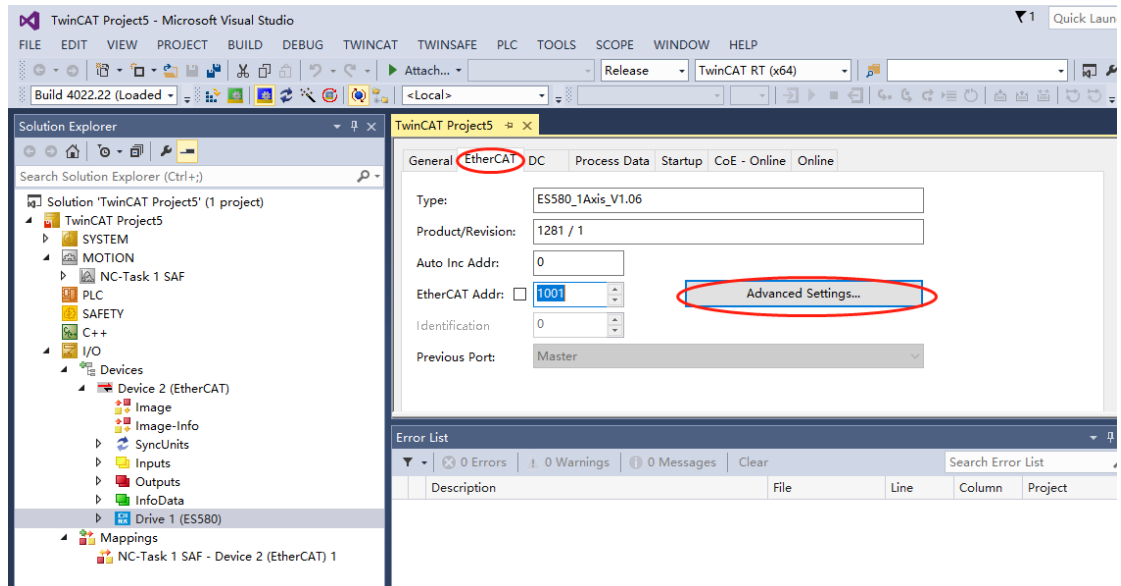
点击“否”，到这里设备已经搜索完成，如下图：



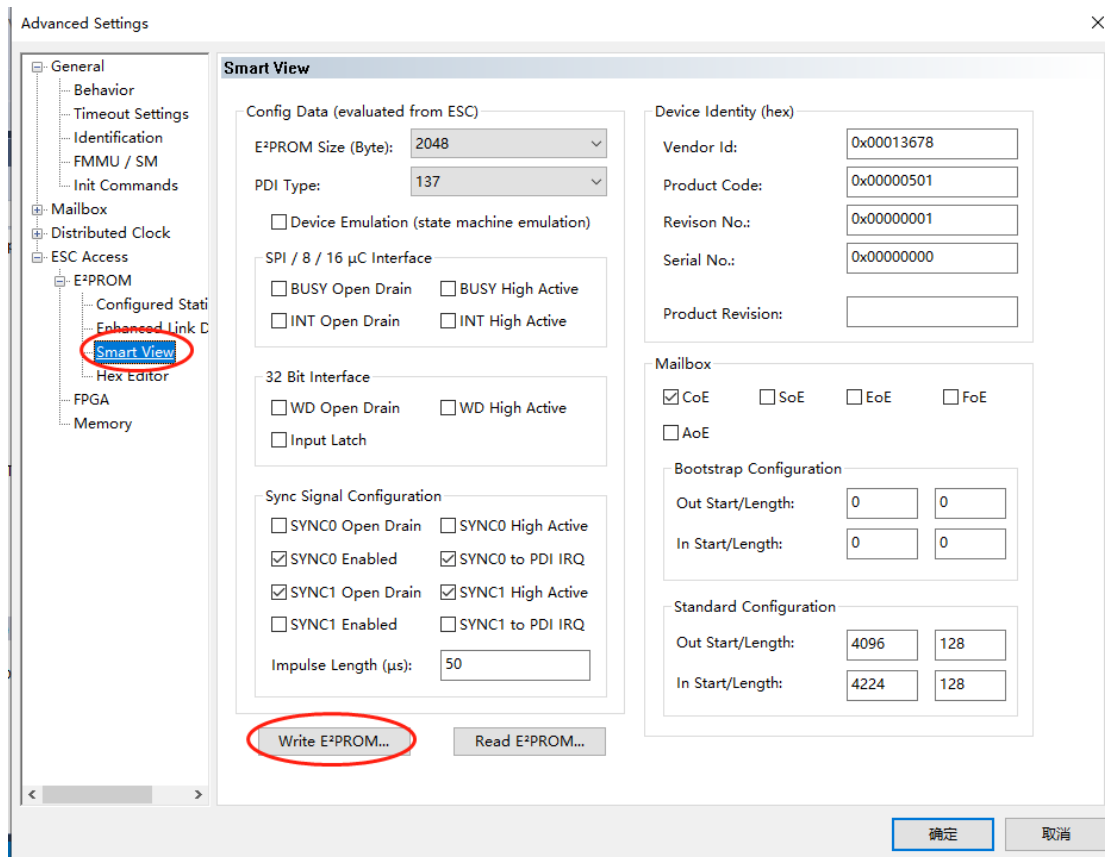


6) 下载 xml 文件

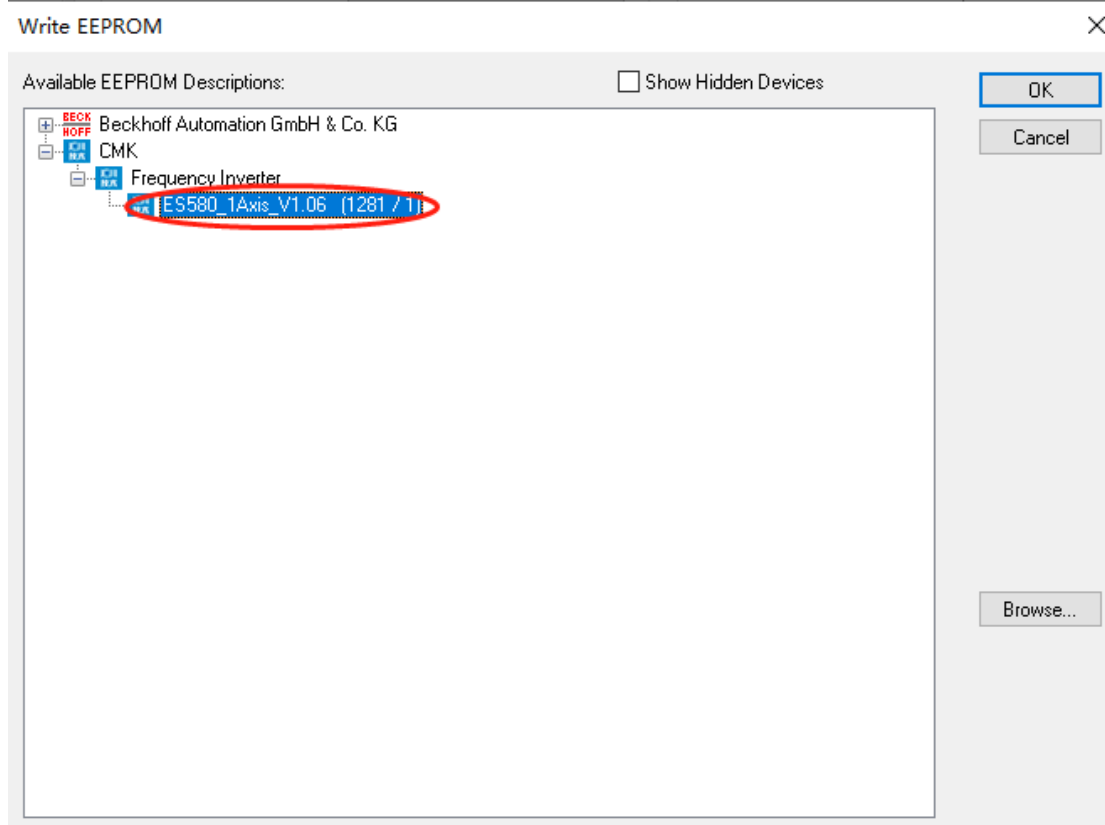
进入 EtherCA 功能界面点击 Advanced Settings



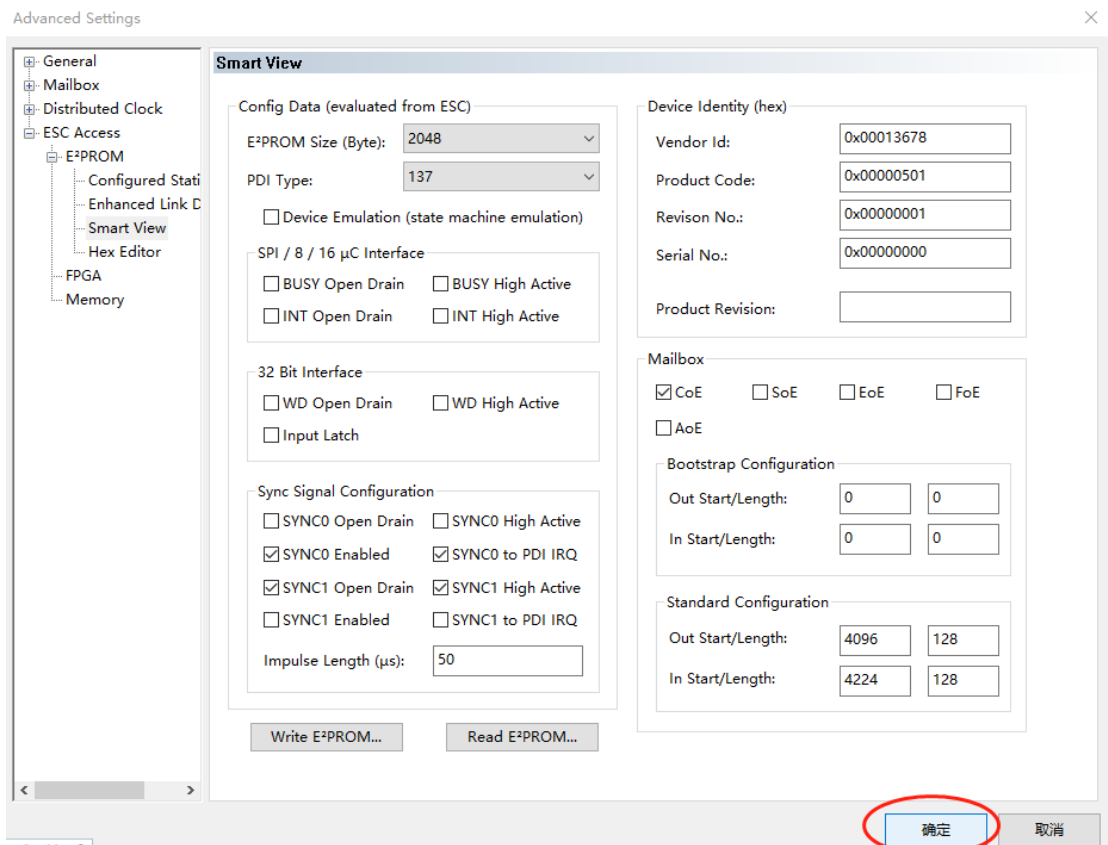
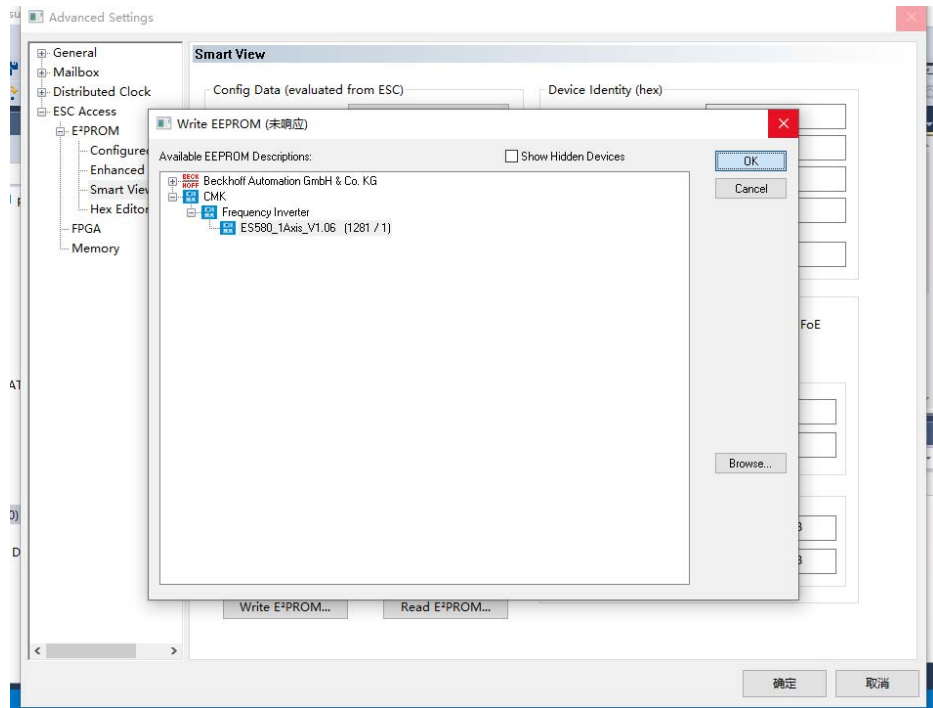
选择 ESC Access—E2PROM—Smart View，点击 Write E2PROM



选择 ES580_1Axis_V1.06 后点击 OK



等待下载完成后点击确定退出下载界面



7) 重启配置模式并运行

点击 ，出现如下界面：

Microsoft Visual Studio



Restart TwinCAT System in Config Mode

确定

取消

点击“确定”。

Microsoft Visual Studio



Load I/O Devices

是(Y)

否(N)

点击“是”，加载设备。

Microsoft Visual Studio

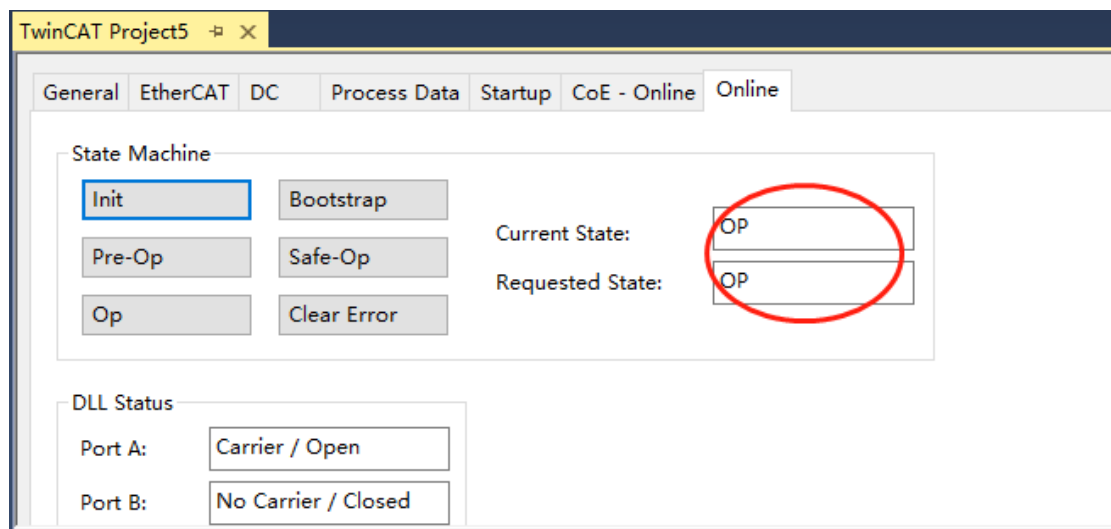


Activate Free Run

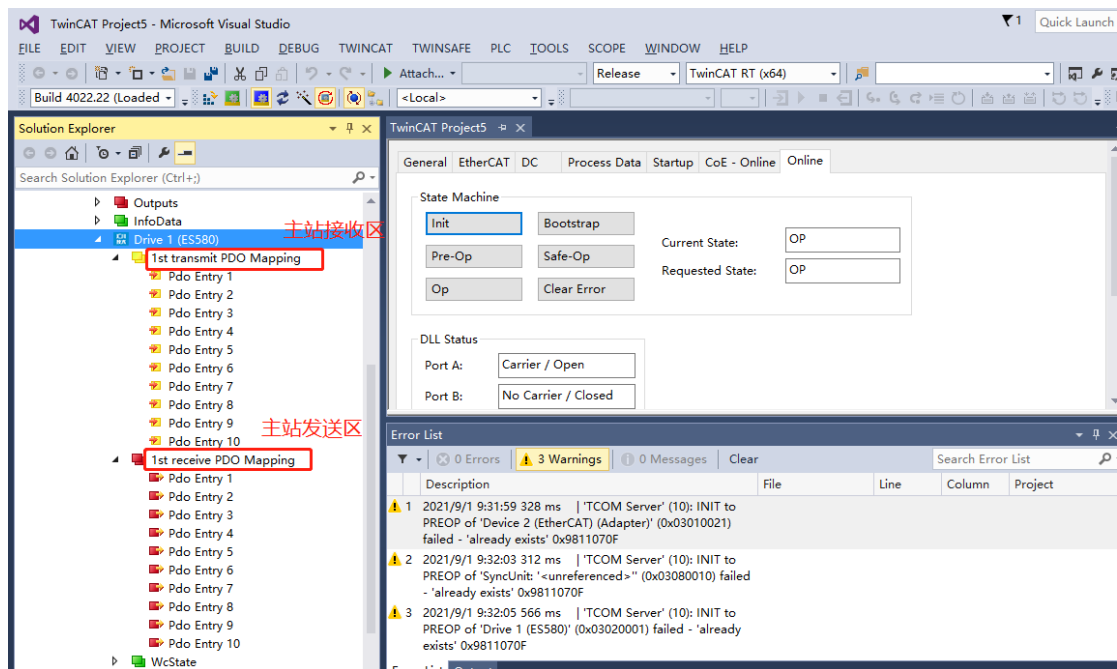
是(Y)

否(N)

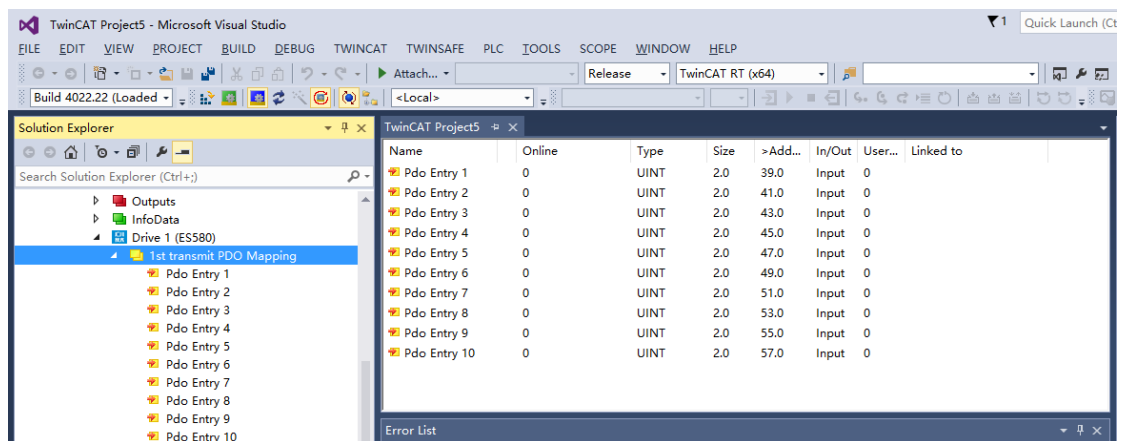
点击“是”，运行设备，进入如下 OP 状态



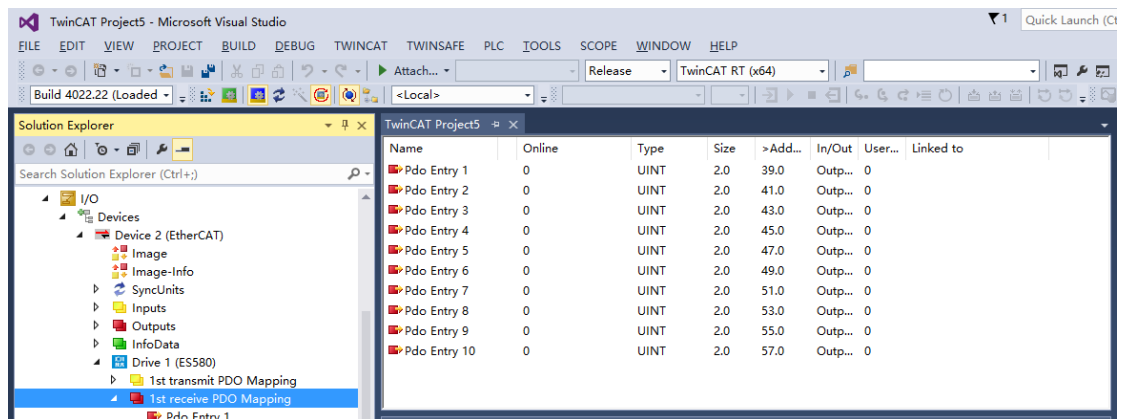
7) 通过配置 PDO 监控驱动器



主站接收区：接收驱动器数据实时监控驱动器状态，PDO1 为现场总线状态字是固定的无需配置，PDO2—PDO10 需要用户手动在驱动器参数组 50.03—50.12 设置映射参数（50.09 不能映射需往后一个参数设置）。



主站发送区：发送数据控制驱动器，PDO1 为现场总线控制字，PDO2 为现场总线给定 1，PDO3 为现场总线给定 2，这三个为固定 PDO 无需配置，PDO4—PDO10 需要用户手动在驱动器参数组 50.17—50.23 设置映射参数



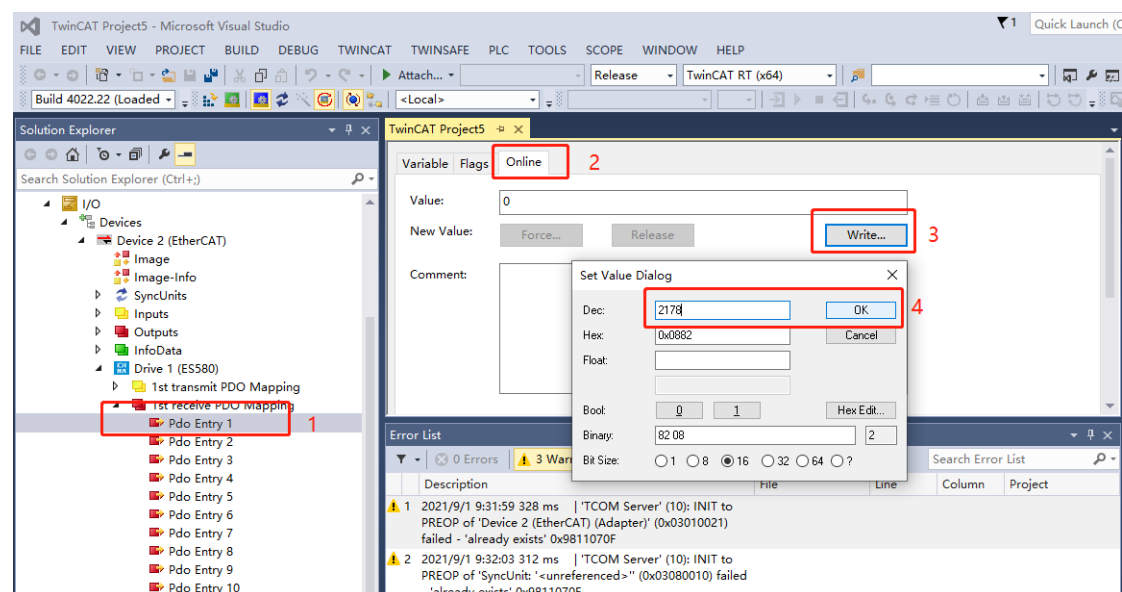
8) 驱动器映射参数设置示例

通过设置如下参数，可以监测 P.01.00 电机速度、P.01.01 输出频率、P.01.02 直流回路电压 P.01.02 直流回路电压、P.01.02 电机电流和控制 P.20.00 最大速度、P.20.01 最小速度、P.22.00 加速时间 1、P.22.01 减速时间 1。

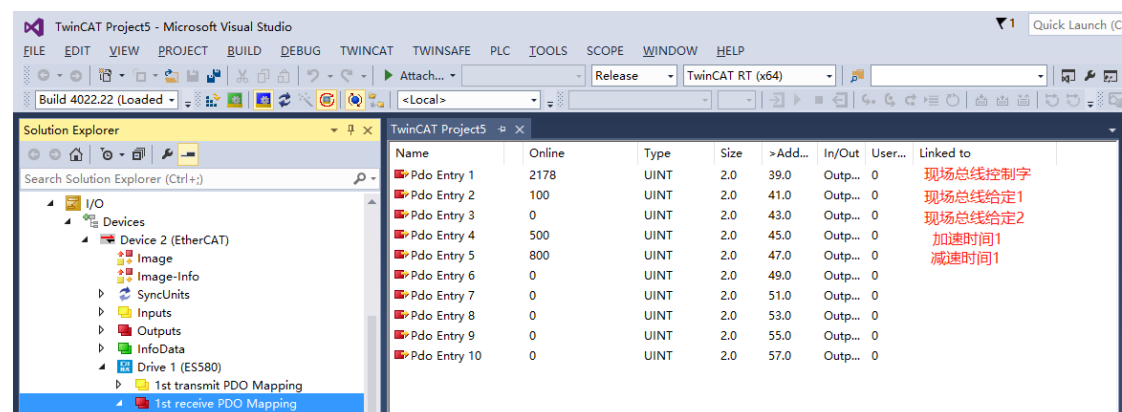
- 50.03（实际值 1 信号源）设置为 P.01.00 电机速度；
- 50.04（实际值 2 信号源）设置为 P.01.02 直流回路电压；
- 50.05（输入数据 1）设置为 P.22.00 加速时间 1；
- 50.06（输入数据 2）设置为 P.22.01 减速时间 1；
- 50.17（输出数据 3）设置为 P.22.00 加速时间 1；
- 50.18（输出数据 4）设置为 P.22.01 减速时间 1；

9) 运行驱动器

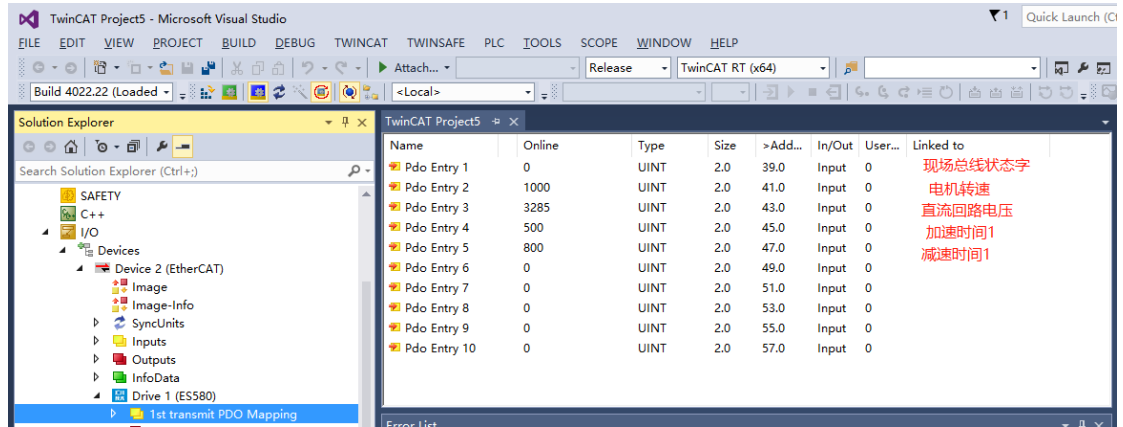
设置加速时间 1=5s，减速时间 1=8s，给定速度 100rpm 运行



按照上述步骤设置给定速度、加速时间 1、减速时间 1 的值



监控主站接收区参数



可以看到速度 100rpm，直流母线电压 328.5V，加速时间 5s，减速时间 8s，（参数量程需换算），验证主站数据读写成功。