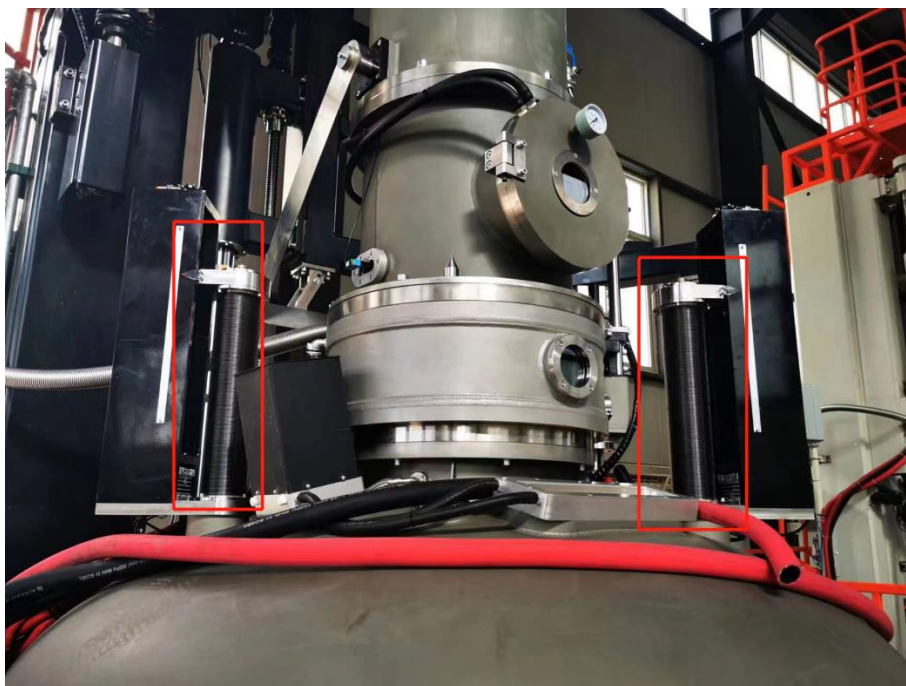


单晶硅炉上的热屏机构上下动作准备使用两个伺服电机同步运动来驱动，如下图片所示，客户一批炉子指定使用汇川伺服，伺服跟 PLC 之间 使用 CANopen 方式通讯。



1. 测试硬件

伺服型号：SV660CS012I，电机型号：MS1H3-13C15CB。

PLC：X20CP1382

2. 测试计划

- 驱动器使用位置插补 IP 模式
- PLC 控制伺服采用 SDC 方式，PLC 周期性往下发送位置
- PLC 中增加一个虚轴，让热屏两个伺服电机跟随虚轴做同步运动，这样只改变虚轴位置，就可以使两个伺服位置保持同步运行。

3. 测试过程

3.1 配置伺服

3.1.1 导入伺服*.eds 文件，激活 CP1382 CANopen 通讯，在 CAN 接口中插入对应两个伺服驱动器。

3.1.2 在伺服驱动器通道中将对象“插补位置 60C1h”增加到 RPDO 中，将接收 60C1h 对应的 RPDO 必须设置为循环同步模式（cyclic-synchronous），将 60C2h 子索引 01h 对象插补周期设置为 2ms，详细 PDO 通讯对象如下图中所示，注意：汇川伺服使用插补

模式时，必须将伺服位置环控制周期设置为 1Khz，这个需要通过 PC 上的伺服 PC 专用软件进行修改，还需输入密码才可修改。

3.1.3 因为是同步位置插补模式，需要用到同步报文，因此主站需要一直发送同步报文，在主站中需要打开同步报文发送机制，并将同步报文发送周期设置为 2ms，和伺服的位置插补周期设置一样，并将 CANopen 的驱动周期设置为 1ms。

TheFirstParameterOfIpFunction_60C1sub1		
Parameter name	the first param...	
Direction	Output (rww)	
Receive from master in	RPD02	
Data type	Integer32	
Low limit	-2147483648	
High limit	2147483647	
Parameter value	0	
IpTimeUnits_60C2sub1		
Parameter name	ip time units	
Direction	Output (rww)	
Receive from master in	No reception	
Data type	Unsigned8	
Low limit	1	
High limit	20	
Parameter value	2	
IpTimeIndex_60C2sub2		
Parameter name	ip time index	
Direction	Output (rww)	
Receive from master in	No reception	
Data type	Integer8	
Low limit	-3	
High limit	-3	
Parameter value	-3	
MaxAcceleration_60C5		

图 1. 配置 PDO 参数

SV660C_V1.2_CL1	
General	
Module supervised	off
Channels	
Communication para...	
RPD01	
RPD02	
COB-ID	\$NODEID+0x300
Implicit activat...	On
Transmission ...	synchronous - cyclic
Number of sy...	1
RPD03	
RPD04	
TPD01	
TPD02	
TPD03	
TPD04	

图 2. 配置 RPDO 通讯参数

CANopen parameters		
Activate CANopen communication	on	
Cross links		Direct data transfer between slave modules
Network management parameters		
CAN node number	10	
Start all slaves on the CAN network	off	If set to off, only configured slaves will be started individually.
Start slaves after configuration	on	If set to off, the slaves will only be configured (SDO downloads, etc.)
Ignore slave configuration errors	on	
Emergency message handling	Receive mes...	Set this option to 'Receive messages for configured slaves only' if y
On error control of a mandatory slave	treat all slave...	
Maximum boot-up time [s]	0	
Plug and play timer [min]	10	
CAN driver cycle time [ms]	1	
CAN driver priority	Cyclic #1	
Heart beat		
Sync		
Activate sync	on	
Communication cycle period [μs]	2000	
Synchronous window length [μs]	2000	

图 3. 设置同步报文

Channel Name	Physical Value	ForceActivated	ForceActivated Value	Process Variable
ModuleOk	TRUE	☐	FALSE	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ModuleOk
NodeStatus	261	☐	0	
ErrorCode_603F	0	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ErrorCode
Controlword_6040	6	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ControlWord
Statusword_6041	561	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.StatusWord
ModesOfOperation_6060	7	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.OptMode
ModesOfOperationDisplay_6...	7	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ActOpMode
PositionActualValue_6064	-756497447	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ActPosi
VelocityActualValue_606C	0	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.ActVel
HomeOffset_607C	0	☐	0	
TheFirstParameterOfpFuncti...	-756497447	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.IPSetPosi
DigitalInputs_60FD	0	☐	0	gCANopenMotorRp[0].Output.IOMap.Dilinput

图 4. 配置 PDO 通讯参数一览表

3.2 控制程序

3.2.1 插补模式对应 CIA402 协议中模式为 IP，即对象 6060h 控制模式需要设定为 7。

3.2.2 插补模式激活需要将控制字 6040h 对应的 bit4 设置为 1。

3.2.3 导入标准的 SDC 程序，将 SDC 控制参数在 ACOPOS 参数表中根据实际情况进行填写，本次测试使用的电机编码器一圈为 8833608，具体参数如下图所示。

3.2.4 修改对应的 CANopen 方式下的状态机管理，如下图所示

3.2.5 增加逻辑控制程序，增加一个虚轴，让两个伺服跟随虚轴做同步运动。

3.2.6 将所有的运动控制程序放在任务等级 1 中执行，并将任务等级 1 的循环周期设置为 2ms，跟伺服插补周期一样。

```

for(i = 0; i < 2; i++)
{
    REAL scale_num = 0;

    gCANopenMotorRp[i].Input.Param.SetVel = 0;
    gCANopenMotorRp[i].Output.IOMap.OptMode = 7;
    gCANopenMotorRp[i].Output.IOMap.ControlWord = 6;
}

```

图 5. 程序中设置伺服控制模式

Name	ID	Value	Unit	Description
Parameters				
SCALE_ENCOD_INCR	109	8388608		Encoder1: Encoder scaling: increments per encoder revolution
SM_SCALE_STEP	64232	8388608		Stepper motor: Step scaling: Steps per motor revolution
SM_SCALE_LOAD_M...	64234	30		Stepper motor: Load scaling: Motor revolutions
SM_SCALE_LOAD_U...	64233	10000	Units	Stepper motor: Load scaling: Units per SM_SCALE_LOAD_MOTREV motor revolutions
SGEN_SW_END_IGN...	128	3		Limit values: Ignore SW end positions

图 6. 配置 SDC 控制参数

```

gSdcAxisCtrl.status.controlWordIO[index] = ((gSdcAxisCtrl.status.moduleOkIO[index]<<1) + (gSdcAxisCtrl.status.moduleOkIO[index]<<2) +
(gSdcAxisCtrl.cfg.dioIf[index].oDriveEnable ) + (oDriveEnableDelay[index]<<3) + (gSdcAxisCtrl.cmd.ackError[index]<<7));

if(gSdcAxisCtrl.status.stateMachine[index] == STATUS_OPERATION_ENABLE)
    gSdcAxisCtrl.status.controlWordIO[index] += (oDriveEnableDelay[index]<<4);

/*延时复位错误确认命令*/
gSdcAxisCtrl.cmd.ackError[index] = Axisctrl.Reset;
if(gSdcAxisCtrl.cmd.ackError[index] == 1) errorResetDelay[index] += cycT; /*us*/
if(errorResetDelay[index] > ERROR_RESET_DELAY_TIME) gSdcAxisCtrl.cmd.ackError[index] = 0;

/*位置偏移处理*/
if(gSdcAxisCtrl.status.stateMachine[index] != STATUS_OPERATION_ENABLE)
{
    gSdcAxisCtrl.status.posOffset[index] = gSdcAxisCtrl.monitor.actPosIncIO[index] - gSdcAxisCtrl.cfg.drIf[index].oSetPos;
}
gSdcAxisCtrl.monitor.setPosIncIO[index] = gSdcAxisCtrl.cfg.drIf[index].oSetPos + gSdcAxisCtrl.status.posOffset[index];
}

```

图 7. 编写伺服状态机管理

3.3 测试控制精度

3.3.1 调节 t-predict, 减小稳态误差, 测试下来将 t-predict 设置为 0.02s 时, 位置误差最小, 同时两个轴的同步性能也一致, 测试满足要求, 如下图所示:

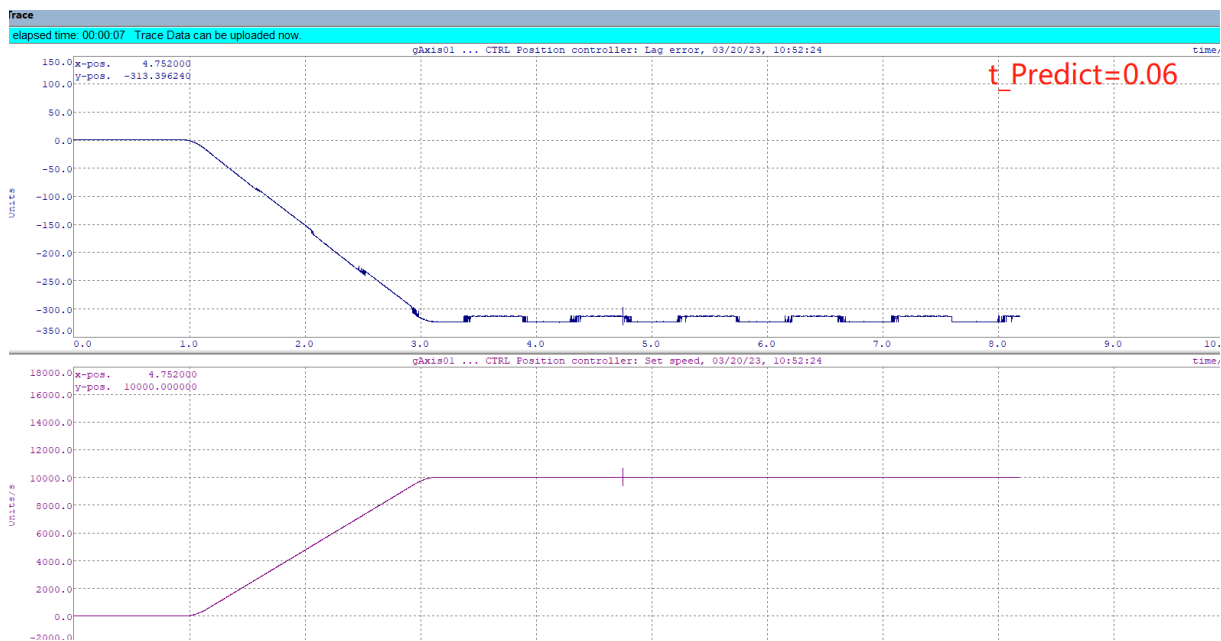


图 8.

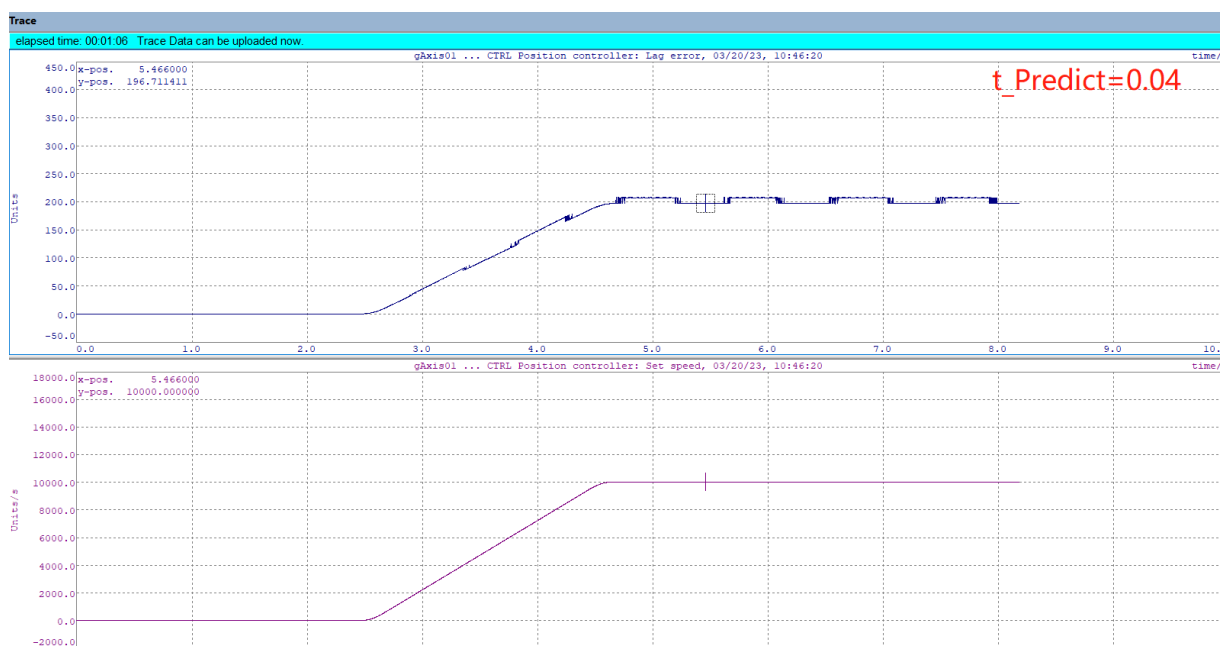


图 9.



图 10.

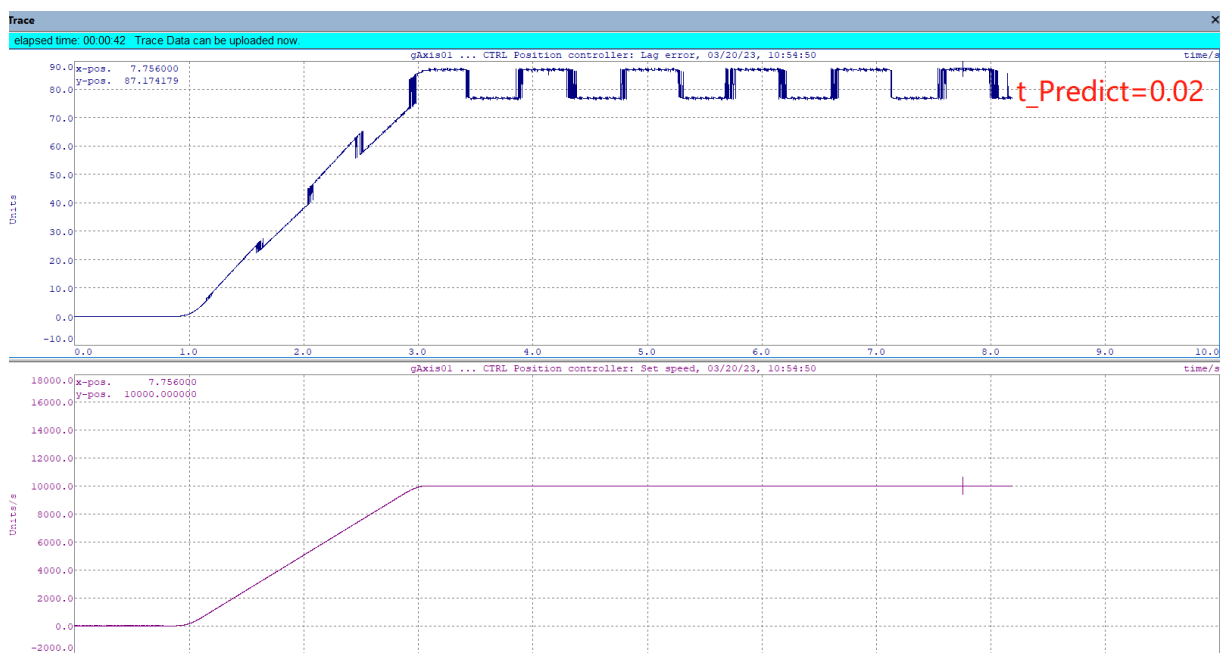


图 11.

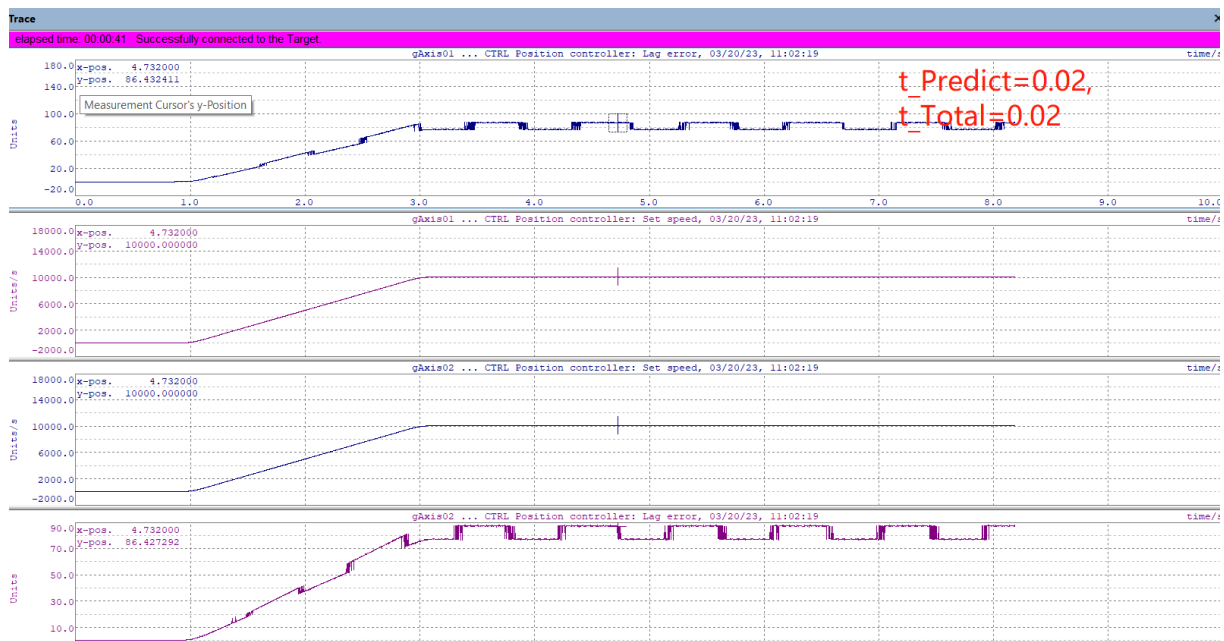


图 12.