

无人化天车防摆 ERE X-WAY 装置应用研究

梁 琪

(河钢承钢钒钛冷轧薄板有限公司)

摘 要：无人化天车运行成败的关键在于主钩钢丝绳在天车平移运动时的摆动与否。用好 ERE X-WAY 装置，需要对其控制原理、控制报文、相关数据计算以及相匹配的 PLC 的硬件组态与软件编程有相应的了解，论文主要阐述 ERE X-WAY 装置在天车防摆控制中的具体应用。该天车防摆 ERE X-WAY 装置在冷轧无人天车上的应用，有效的解决了天车在自动运行状态下钢丝绳摆动的问题，极大的提高了天车的工作效率，提高了天车设备的使用寿命，降低了天车设备使用的人力成本。

关键词：天车；ERE X-WAY；防摆控制

0 引言

天车防摇控制器 ERE X-WAY 为蕙莱蒲茵(唐山)科技有限公司代理的天车运行钢丝绳防摆控制装置，该装置在冷轧无人天车上的使用，有效的解决了天车在自动运行状态下钢丝绳摆动的问题，极大的提高了天车的工作效率，提高了天车设备的使用寿命，降低了天车设备使用的人力成本。

1 天车防摇控制器 ERE X-WAY 的控制原理

天车防摇控制器系统 ERE X-WAY 通过 DP 通讯实时读取 PLC 中天车大车目标位置、小车目标位置、大车实际位置、小车实际位置、主钩实际高度、所吊钢卷内径值、所吊钢卷外径值以及夹钳负载信号 8 个变量，通过系统内部计算输出相应的大车、小车速度给定值，从而得出大、小车变频器的防摆速度给定值。防摆功能的实现需要对 ERE X-WAY 设备的通讯报文熟知才可灵活应用。

2 天车防摇控制器 ERE X-WAY 的报文

ERE X-WAY 的报文分为输入报文与输出报文。输入报文共有 56 个功能项，总计 128 个字节，其中有效项 38 个，共 92 个字节，预留项 18 个，共 36 个字节。输出报文共有 18 个功能项，总计 36 个字节，其中有效项 7 个，共 14 个字节，预留项 11 个，共 22 个字节。如下表 1 所示。

输入报文向 ERE X-WAY 装置中输入控制数据，在 S7-300 PLC 硬件组态后，SIMATIC Manager 为其分配相应的通讯地址，具体输入报文的组成如下表 2 所示。

表 1 ERE X-WAY 报文组成						
报文类型	总功能项	总字节	有效项	有效字节	预留项	预留字节
输入报文	56 个	128 Byte	38 个	92 Byte	18 个	36 Byte
输出报文	18 个	36 Byte	7 个	14 Byte	11 个	22 Byte

在输入报文 38 个有效项中：大车主钩高度（Xway_TL_HH）、小车主钩高度（Xway_TS_HH）、大车跟随负荷的总长度变量（Xway_TL_LEXT）、小车跟随负荷的总长度变量（Xway_TS_LEXT）、大车目标位置（TL_Actual_Target_pos）、小车目标位置（TS_Actual_Target_pos）、大车当前位置（TL_Actual_Curr_pos）、小车当前位置（TS_Actual_Curr_pos）这 8 个有效项需通过 PLC 计算实时传输给 ERE X-WAY 装置；大车钢丝绳总长（Xway_TL_TPL）、小车钢丝绳总长（Xway_TS_TPL）这 2 个有效项需根据天车实际情况反复计算后传输给 ERE X-WAY 装置。

表 2 ERE X-WAY 输入报文结构

序号	名称	标记名	类型	长度	地址
1	大车钢丝绳总长[mm]	Xway_TL_TPL	INT	2 Byte	0.0
2	大车主钩高度[mm]	Xway_TL_HH	INT	2 Byte	2.0
3	大车跟随负荷的总长度变量[mm]	Xway_TL_LEXT	INT	2 Byte	4.0
4	大车速度输入值(-16384~+16384)	Xway_TL_Setp_in	INT	2 Byte	6.0
5	大车加、减速时间[msec]	Xway_TL_Accel_Time	INT	2 Byte	8.0
6	大车是否使用防摇控制	Xway_TL_Sway_Con_On	INT	2 Byte	10.0
7	小车钢丝绳总长[mm]	Xway_TS_TPL	INT	2 Byte	12.0
8	小车主钩高度[mm]	Xway_TS_HH	INT	2 Byte	14.0
9	小车跟随负荷的总长度变量[mm]	Xway_TS_LEXT	INT	2 Byte	16.0
10	小车速度输入值(-16384~+16384)	Xway_TS_Setp_in	INT	2 Byte	18.0
11	小车加、减速时间[msec]	Xway_TS_Accel_Time	INT	2 Byte	20.0
12	小车是否使用防摇控制	Xway_TS_Sway_Con_On	INT	2 Byte	22.0
13..16	预备项	Output spare 1 ~4	INT	2 Byte	24.0
17	选择模式(自动、手动)	ModeAuto_Manual	INT	2 Byte	32.0
18	大车开始自动运行	TL_Auto_Start	INT	2 Byte	34.0
19	大车方向	TL_Direction	INT	2 Byte	36.0
20	大车目标位置	TL_Actual_Target_pos	DINT	4 Byte	38.0
21	大车当前位置	TL_Actual_Curr_pos	DINT	4 Byte	42.0
22	大车最大速度	TL_Setup_Vmax	INT	2 Byte	46.0
23	大车最大设定速度	TL_Setup_Max_setp_DI	DINT	4 Byte	48.0
24	大车低速设定速度	TL_Setup_Creep_Setp	INT	2 Byte	52.0
25	大车低速停止距离	TL_Setup_Dfin	INT	2 Byte	54.0
26	大车最大延迟时间	TL_Setup_Tsd	INT	2 Byte	56.0
27	大车开始低速到停止所需的移动距离	TL_Setup_D	INT	2 Byte	58.0
28	大车精确位置偏差报错	TL_Setup_Pos_toler_DI	DINT	4 Byte	60.0
29	大车零速度	TL_Setup_Zero_spd	INT	2 Byte	64.0
30..36	预备项	Output spare 5~11	INT	14 Byte	66.0
37	小车开始自动运行	TS_Auto_Start	INT	2 Byte	80.0
38	小车方向	TS_Direction	INT	2 Byte	82.0
39	小车目标位置	TS_Actual_Target_pos	DINT	4 Byte	84.0
40	小车当前位置	TS_Actual_Curr_pos	DINT	4 Byte	88.0
41	小车最大速度	TS_Setup_Vmax	INT	2 Byte	92.0
42	小车最大设定速度	TS_Setup_Max_setp_DI	DINT	4 Byte	94.0
43	小车低速设定速度	TS_Setup_Creep_Setp	INT	2 Byte	98.0
44	小车低速停止距离	TS_Setup_Dfin	INT	2 Byte	100.0
45	小车最大延迟时间	TS_Setup_Tsd	INT	2 Byte	102.0
46	小车开始低速到停止所需的移动距离	TS_Setup_D	INT	2 Byte	104.0
47	小车精确位置偏差报错	TS_Setup_Pos_toler_DI	DINT	4 Byte	106.0
48	小车零速度	TS_Setup_Zero_spd	INT	2 Byte	110.0
49..55	预备项	Output spare 12~18	INT	14 Byte	112.0
56	通讯校验位	Checkflag_out	INT	2 Byte	126.0

3 大车钢丝绳总长与小车钢丝绳总长的计算

对于大车钢丝绳总长（Xway_TL_TPL）与小车钢丝绳总长（Xway_TS_TPL）的计算问题，可将天车等效为单摆系统来考虑，求大车、小车钢丝绳总长实际上是求天车所等效的单摆的摆长。如下图 1 所示。

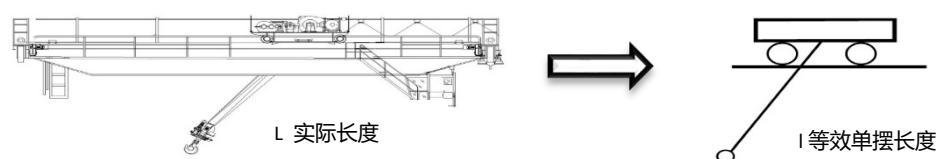


图 1 天车系统单摆等效图

摆动周期与单摆长度公式为如下公式 1 所示，通过该公式可得单摆长度公式为如下公式 2 所示。

$$\tau = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

τ (sec) 摆动周期
l (mm) 单摆长度
g = 9.81 重力加速度
π = 3.141592 圆周率

公式 1

→

$$l = \frac{g\tau^2}{4\pi^2}$$

τ 摆动周期
l 单摆长度
g 重力加速度
π 圆周率

公式 2

根据公式得单摆长度与摆动周期关系如下表 3。

通过测量起重机无负荷情况下，不同起升高度主钩的摆动周期，用得到得周期数据通过查表 3 得出不同高度下单摆长度，再用所查出的单摆长度与其对应的起升高度相加得到主钩计算等效单摆长度，将几次得出的主钩计算等效单摆长度相加取平均值，最后得出主钩单摆等效长度。具体步骤如下。

- (1) 把主钩设定在一特定高度。
- (2) 测量地面到夹钳脚底面的距离 H1，单位为毫米。
- (3) 操作天车，使天车主钩摆动，测量 5-10 个摇摆周期的时间，然后计算一个摇摆周期的时间，单位为秒。
- (4) 根据计算出的摇摆周期时间，查表 3 得出相应的单摆长度。
- (5) H1+单摆长度=TPL。
- (6) 改变主钩设定高度。反复重复上述步骤 3-5 次，所得到得所有 TPL 取平均值。

表 3 摆动长度与摆动周期对应表

周期	长度	周期	长度	周期	长度	周期	长度	周期	长度	周期	长度
[sec]	[mm]	[sec]	[mm]	[sec]	[mm]	[sec]	[mm]	[sec]	[mm]	[sec]	[mm]
2.1	1095	3.1	2386	4.1	4173	5.1	6457	6.1	9237	7.1	12514
2.15	1147	3.15	2463	4.15	4275	5.15	6584	6.15	9389	7.15	12690
2.2	1201	3.2	2542	4.2	4379	5.2	6712	6.2	9542	7.2	12869
2.25	1257	3.25	2622	4.25	4484	5.25	6842	6.25	9697	7.25	13048
2.3	1313	3.3	2703	4.3	4590	5.3	6973	6.3	9853	7.3	13229
2.35	1371	3.35	2786	4.35	4697	5.35	7105	6.35	10010	7.35	13410
2.4	1430	3.4	2870	4.4	4806	5.4	7239	6.4	10168	7.4	13593
2.45	1490	3.45	2955	4.45	4916	5.45	7373	6.45	10327	7.45	13778
2.5	1551	3.5	3041	4.5	5027	5.5	7509	6.5	10488	7.5	13963
2.55	1614	3.55	3128	4.55	5139	5.55	7646	6.55	10650	7.55	14150
2.6	1678	3.6	3217	4.6	5253	5.6	7785	6.6	10813	7.6	14338
2.65	1743	3.65	3307	4.65	5368	5.65	7924	6.65	10978	7.65	14527
2.7	1810	3.7	3398	4.7	5484	5.7	8065	6.7	11143	7.7	14718
2.75	1877	3.75	3491	4.75	5601	5.75	8207	6.75	11310	7.75	14910
2.8	1946	3.8	3585	4.8	5719	5.8	8351	6.8	11478	7.8	15103
2.85	2016	3.85	3679	4.85	5839	5.85	8495	6.85	11648	7.85	15297
2.9	2088	3.9	3776	4.9	5960	5.9	8641	6.9	11819	7.9	15492
2.95	2160	3.95	3873	4.95	6082	5.95	8788	6.95	11990	7.95	15689
3	2234	4	3972	5	6206	6	8937	7	12164	8	15887
3.05	2309	4.05	4072	5.05	6331	6.05	9086	7.05	12338	8.05	16086

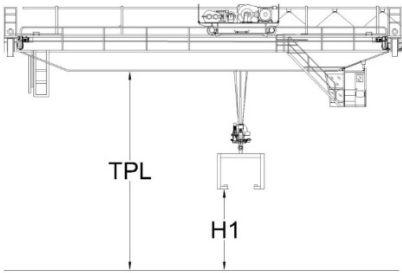


图 2 主钩计算等效单摆长度

实际计算过程:

(1) H1=960mm,检测 10 回摇摆周期时间结果为 68 秒,可获取 1 回 6.8 秒,从表中查询长度值是 11478mm。

$$TPL1=960\text{mm}+11478\text{mm}=12438\text{mm}$$

(2) H2=2100mm,检测 10 回摇摆周期时间结果为 670 秒,可获取 1 回 6.7 秒,从表中查询长度值是 11143mm。

$$TPL2=2100\text{mm}+11143\text{mm}=13243\text{mm}。$$

(3) H3=3000mm,检测 10 回摇摆周期时间结果为 665 秒,可获取 1 回 6.65 秒,从表中查询长度值是 10978mm。

$$TPL3=3000\text{mm}+10978\text{mm}=13978\text{mm}。$$

(4) H4=4000mm,检测 10 回摇摆周期时间结果为 660 秒,可获取 1 回 6.6 秒,从表中查询长度值是 10813mm。

$$TPL4=4000\text{mm}+10813\text{mm}=14813\text{mm}。$$

(5) 通过上述四次计算的大车 TPL 平均值为 13619mm。

(6) 由于小车高度为 576mm, 因此得出小车 TPL 平均值为 14195mm。

最终可得大车钢丝绳总长(Xway_TL_TPL)=13619mm, 小车钢丝绳总长(Xway_TS_TPL)=14195mm。

4 大车主钩高度 (Xway_TL_HH)、小车主钩高度 (Xway_TS_HH) 的计算

大车主钩高度 (Xway_TL_HH) 与小车主钩高度 (Xway_TS_HH) 可用主钩绝对值编码器求得。由于主钩绝对值编码器与主钩高度为线性关系, 符合下列公式 3。其中 y 为主钩实际高度, 单位为 mm, x 为编码器输出脉冲值, 单位为 pulse。

将表 4 中现场测量的数据代入公式 3, 可求得脉冲与高度关系公式为公式 4。

表 4 计算数据

y(实际测量高度mm)	0	675
x(编码器脉冲值pulse)	108387	118967

$$y = kx + b$$

公式 3

$$y = 0.0638x - 6915$$

公式 4

由于绝对值编码器需要周期性校准与标定, 因此计算主钩高度实际需将每次校准值考虑进去, 则通过下列推导, 可得 PLC 编程时实际的主钩高度计算公式为公式 5。

$$y = 0.0638x - 6915$$

$$\begin{cases} x = x_{origin} \\ y = y_{origin} \end{cases} \quad \begin{cases} x = x_{cur} \\ y = y_{cur} \end{cases}$$



$$y_{cur} = y_{origin} - 0.0638 (y_{origin} - x_{cur})$$

公式 5

在公式 5 中 x_{origin} , y_{origin} 分别为每次标定时主钩绝对值编码器脉冲值与实际高度的测量值, x_{origin} 、 y_{origin} 分别为实时测量的主钩绝对值编码器脉冲当前值与所计算出的主钩高度当前值。同时所计算出的高度值要满足在 -32768mm 到 +32767mm 之间, 如果计算结果不在这个范围内, 编程时要将不在本范围内的 y_{origin} 的计算结果置零, 并作出相应报警。由上可计算出大车主钩高度 (Xway_TL_HH)、小车主钩高度 (Xway_TS_HH) 值, 且这两个值相等。

5 大车跟随负荷总长度变量、小车跟随负荷的总长度变量计算

在天车起吊负荷时需将负荷重心变化对防摆效果的影响考虑进去。此处 LEXT 的计算公式如下公式 6 所示。其中 TPL_L 为天车吊装常规负荷下通过查表得出的钢丝绳总长数据, TPL 为无负荷时查表得出的钢丝绳总长数据, H2 为主钩起吊重物后重心变化的悬挂高度, 且有关系 $H2 = (D+d)/2$ 。其中 D 为钢卷外径、d 为钢卷内径如下图 3 所示。

$$L_{EXT}=T_{PL_L}-T_{PL}+H_2$$

公式 6

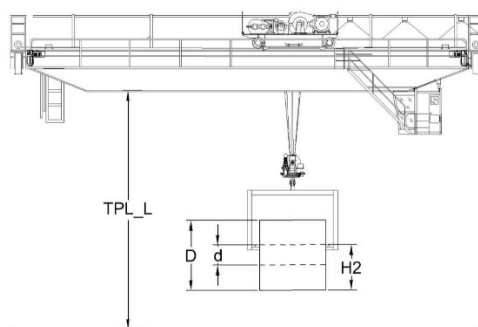


图 3 跟随负荷总长度计算

T_{PL_L} 的计算过程与上面相同这里不在赘述，钢卷的内外径信息二级会实时发送给一级。因此最终所得的 $TL_L_{EXT}=\{781+(D+d)/2\}mm$ ， $TS_L_{EXT}=\{835+(D+d)/2\}mm$ 。

大车目标位置 ($TL_Actual_Target_pos$)、小车目标位置 ($TS_Actual_Target_pos$) 为二级系统发送给一级的数据，实时读取即可。大车当前位置 ($TL_Actual_Curr_pos$)、小车当前位置 ($TS_Actual_Curr_pos$) 为大车的激光传感器采集获得，可直接读取 PLC 中的相应数据。

6 输入报文其他有效项

输入报文其他有效项可根据现场实际情况赋常数值，具体如下表 5 所示。

在 S7-300 PLC 中硬件组态后，SIMATIC Manager 为 ERE X-WAY 装置分配相应的通讯地址，S7-300 PLC 读取输出报文中的数据用于防摆控制，具体 ERE X-WAY 输出报文的组成如下表 6 所示

在输出报文中，大车调整后的输出速度 ($Xway_TL_Setp_Out$)，与小车调整后的输出速度 ($Xway_TS_Setp_Out$) 是最终分别赋给大车变频器、小车变频器的防摇摆控制速度。

7 S7-300PLC 的系统功能 SFC14、SFC15

SFC14、SFC15。应用 S7-300 的系统功能块 SFC14 (DPRD_DAT) 与 SFC15 (DPWR_DAT) 可实现主站 PLC 对从站变频器 PPO 数据的连续写入，以及主站 PLC 对从站变频器数据的连续读取。

表 5 输入报文赋值表

序号	名称	标记名	地址	赋值	序号	名称	标记名	地址	赋值
1	大车钢丝绳总长[mm]	Xway_TL_TPL	0.0	13619	25	大车低速停止距离	TL_Setup_Dfin	54.0	29
2	大车主钩高度[mm]	Xway_TL_HH	2.0	计算获得	26	大车最大延迟时间	TL_Setup_Tsd	56.0	350
3	大车跟随负荷的总长度变量[mm]	Xway_TL_LEXT	4.0	计算获得	27	大车开始低速到停止所需的移动距离	TL_Setup_D	58.0	200
4	大车速度输入值(-16384~+16384)	Xway_TL_Setp_in	6.0	0	28	大车精确位置偏差报错	TL_Setup_Pos_toler_DI	60.0	29
5	大车加、减速时间[msec]	Xway_TL_Accel_Time	8.0	10000	29	大车零速度	TL_Setup_Zero_spd	64.0	30
6	大车是否使用防摇控制	Xway_TL_Sway_Con_On	10.0	1	30..36	预备项	Output spare 5~11	66.0	无
7	小车钢丝绳总长[mm]	Xway_TS_TPL	12.0	14195	37	小车开始自动运行	TS_Auto_Start	80.0	变频器使能
8	小车主钩高度[mm]	Xway_TS_HH	14.0	计算获得	38	小车方向	TS_Direction	82.0	0
9	小车跟随负荷的总长度变量[mm]	Xway_TS_LEXT	16.0	计算获得	39	小车目标位置	TS_Actual_Target_pos	84.0	采集获得
10	小车速度输入值(-16384~+16384)	Xway_TS_Setp_in	18.0	0	40	小车当前位置	TS_Actual_Curr_pos	88.0	采集获得
11	小车加、减速时间[msec]	Xway_TS_Accel_Time	20.0	8000	41	小车最大速度	TS_Setup_Vmax	92.0	1333
12	小车是否使用防摇控制	Xway_TS_Sway_Con_On	22.0	1	42	小车最大设定速度	TS_Setup_Max_setp_DI	94.0	10000
13..16	预备项	Output spare 1 ~4	24.0	无	43	小车低速设定速度	TS_Setup_Creep_Setp	98.0	250
17	选择模式(自动、手动)	ModeAuto_Manual	32.0	1	44	小车低速停止距离	TS_Setup_Dfin	100.0	9
18	大车开始自动运行	TL_Auto_Start	34.0	变频器使能	45	小车最大延迟时间	TS_Setup_Tsd	102.0	350
19	大车方向	TL_Direction	36.0	0	46	小车开始低速到停止所需的移动距离	TS_Setup_D	104.0	120
20	大车目标位置	TL_Actual_Target_pos	38.0	采集获得	47	小车精确位置偏差报错	TS_Setup_Pos_toler_DI	106.0	9
21	大车当前位置	TL_Actual_Curr_pos	42.0	采集获得	48	小车零速度	TS_Setup_Zero_spd	110.0	50
22	大车最大速度	TL_Setup_Vmax	46.0	2500	49..55	预备项	Output spare 12~18	112.0	无
23	大车最大设定速度	TL_Setup_Max_setp_DI	48.0	10000	56	通讯校验位	Checkflag_out	126.0	
24	大车低速设定速度	TL_Setup_Creep_Setp	52.0	250					

表 6 输出报文结构

序号	名称	标记名	类型	长度	地址
1	大车调整后的输出速度 [-16384~+16384]	Xway_TL_Setp_Out	INT	2 Byte	0.0
2	大车Don' t care	Xway_TL_Data_Out	INT	2 Byte	2.0
4	小车调整后的输出速度 [-16384~+16384]	Xway_TS_Setp_Out	INT	2 Byte	4.0
5	小车Don' t care	Xway_TS_Data_Out	INT	2 Byte	6.0
3	大车输出控制状态	TL_Status_Out	INT	2 Byte	8.0
6	小车输出控制状态	TS_Status_Out	INT	2 Byte	10.0
7..15	输出预备项目	Input spare 1 ~11	INT	2 Byte	
16	校验位	Check_bit_Out	INT	2 Byte	30.0

使用系统功能函数 SFC14（DPRD_DAT）如图 4 所示，可以读取从站变频器连续的针对主站 PLC 的输出数据。如果一个从站变频器有若干个相连续的输出模块，则必须为所要读取的每个输出模块分别安排一个 SFC14（DPRD_DAT）调用来实现相关从站数据的读取。表 7 给出了 SFC14（DPRD_DAT）的输入和输出参数。

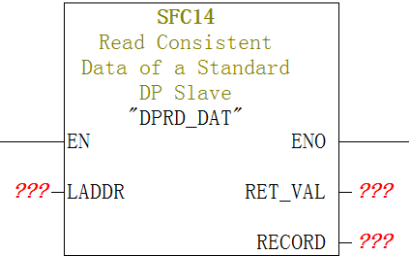


图 4 SFC14

表 7 SFC14 各引脚功能

参数	说明	数据类型	描述
LADDR	INPUT	WORD	用PLC硬件组态后从站变频器的输出模块开始地址，地址格式为16进制
RECORD	OUTPUT	ANY	接收解包数据后存放到的目标地址，应为起始字节的地址
RET_VAL	OUTPRT	INT	SFC14状态返回值

使用系统功能函数 SFC15（DPWR_DAT）如图 5 所示，可以向从站变频器相应地址写入相关控制数据。如果一个从站变频器有若干个相连续的输入模块，则必须为所要写入的每个输入模块分别安排一个 SFC15（DPWR_DAT）调用来实现相关从站数据的写入。表 18 给出了 SFC15（DPWR_DAT）的输入和输出参数。

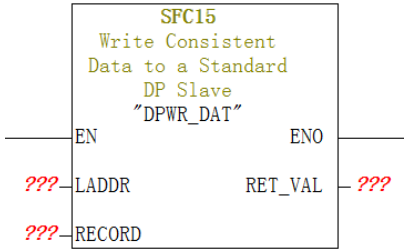


图 5 SFC15

表 8 SFC15 各引脚的功能

参数	说明	数据类型	描述
LADDR	INPUT	WORD	用PLC硬件组态后从站变频器的输出模块开始地址，地址格式为16进制
RECORD	OUTPUT	ANY	所发送数据的存储地址，应为起始字节的地址
RET_VAL	OUTPRT	INT	SFC15状态返回值

返回值 RET_VAL，可以用来判断系统功能块 SFC14、SFC15 在读、写数据时是否发生了错误，以及发生的是何种错误，无错误时返回值为 W#16#0000，其他故障在相关手册中有记录。

在使用 SFC14 读取 ERE X-WAY 数据得过程中要注意，SFC14 最多一次读取 32 个字节的数据；使用 SFC15 向 ERE X-WAY 写入数据的过程中要注意，SFC15 最多一次写入 32 个字节的数据。

8 主站 PLC 硬件组态

主站 PLC 硬件组态。双击 SIMATIC Manager，单击文件（File）→单击新建（New），弹出新建项目对话框如图 4 所示。

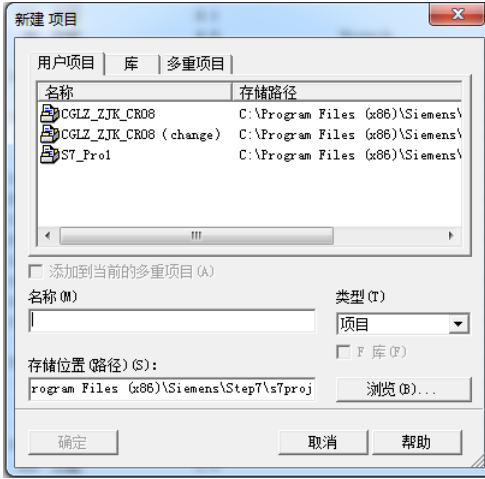


图 6

在名称（Name）文本框内输入新项目的名称，项目名字不区分大小写，其前 8 个字符要与其他项目相区别，否则不好辨认。存储位置（路径）（Storage）文本框内为默认的新项目的保存地址。点击浏览（Browse）按钮，可以修改新项目保存的地址。最后点击确定（OK）建立新项目。将项目名称命名为“ERE X-WAY_DP_System”。

鼠标右键点击 SIMATIC Manager 中新项目的图标，在弹出来的快捷菜单中选择插入新对象（Insert New Object）命令插入一个新的 S7-300 站。

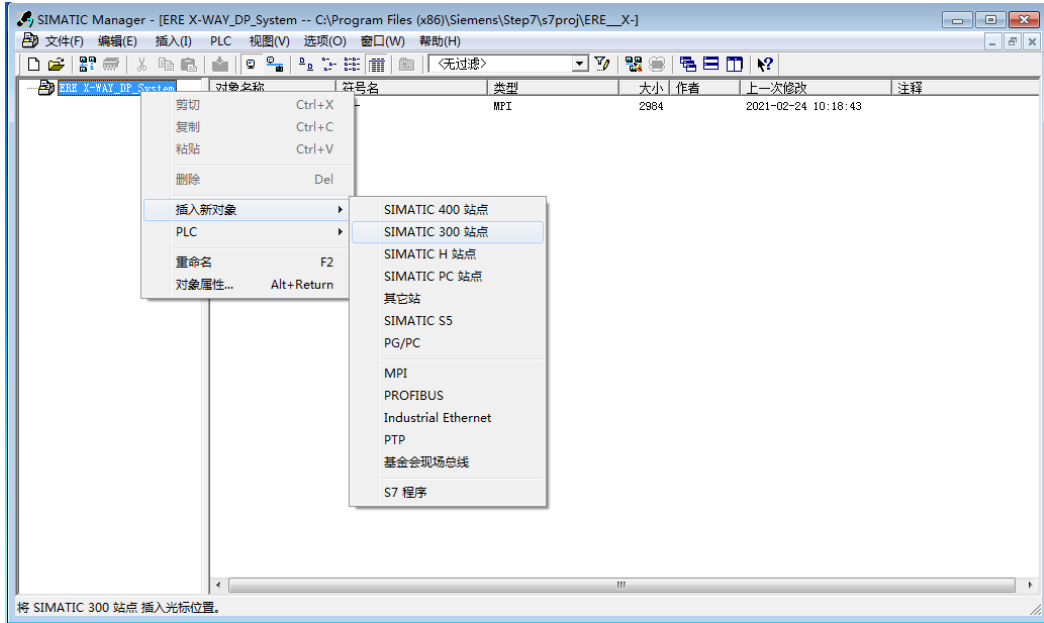


图 7

单击生成的 SIMATIC 300 站点（SIMATIC 300 Station），双击右面窗口中的硬件（Hardware）图标，在硬件组态工具 HW Config 中按表 9 进行硬件组态。

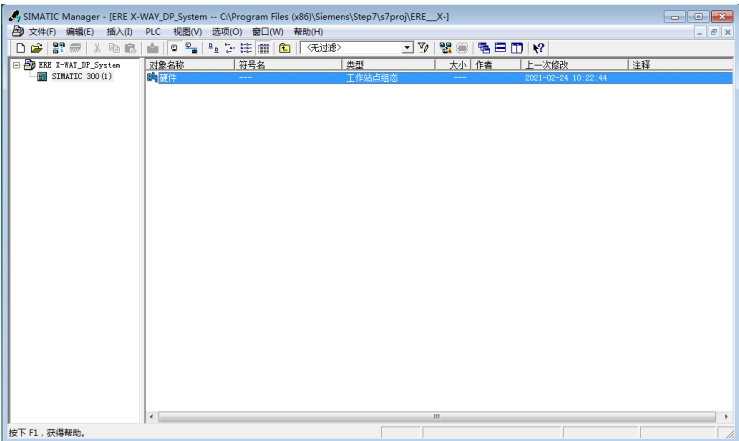


图 8

表 9 PLC 硬件组态

模块	型号	订货号
电源模块 (PS-300)	PS 307 10A	6ES7 307-1KA02-0AA0
CPU模块 (CPU-300)	CPU 315-2 PN/DP	6ES7 315-2EH14-0AB0/V3.2
输入/输出模块 (SM-338)	SM 338 POS-INPUT	6ES7 338-4BC01-0AB0/3.0

在硬件组态工具 HW Config 中，单击视图（View）→目录（Catalog）打开硬件目录，按表 9 和硬件安装次序依次插入机架（RACK-300）、电源（PS-300）、CPU（CPU-300）、以及 I/O 模块（SM-338）。如图 9 所示。

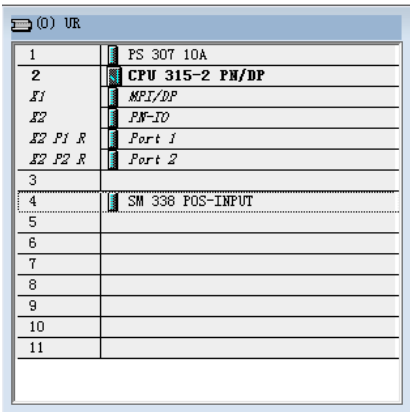


图 9

双击图 9 中 MPI/DP 槽。如图 7 所示，在弹出的窗口中找到接口（Interface），在类型（Type）中选择 PROFIBUS，然后单击属性（Properties），在参数选项卡（Parameter）中将地址（Address）设为 2 如图 10 所示。点击新建（New）新建一条 DP 总线，在网络设置（Network Setting）选项卡中设置传输速率（Transmission rate）为 1.5Mbit/s，配置文件（Configuration）为 DP。通过以上步骤完成 DP 总线设置。

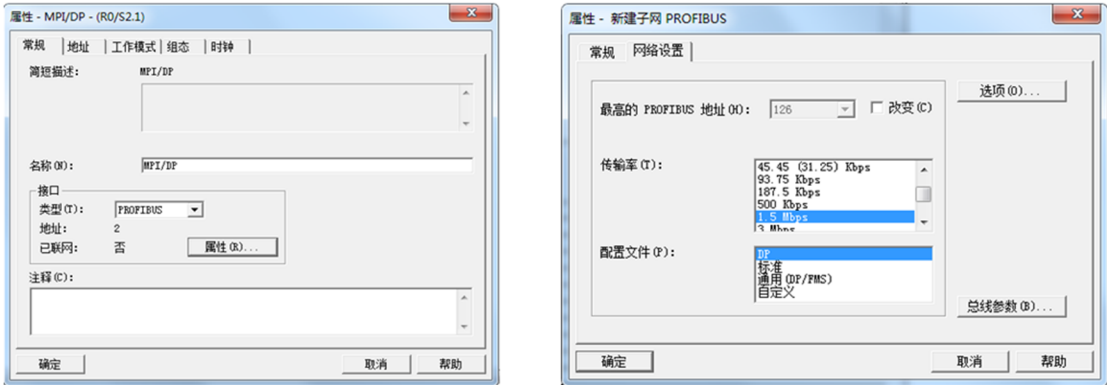


图 10

右键单击 PROFIBUS(1): DP 主站系统 (1) (DP master system (1)), 在弹出的对话框中点击插入对象 (Insert object) 如图 11 所示。

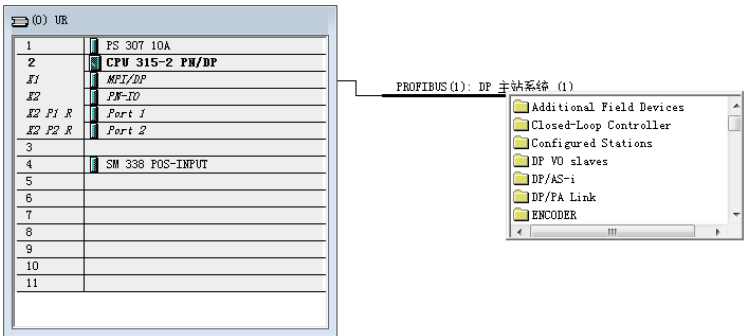


图 11

然后依次单击额外设备 (Additional Field Devices) → 普通 (General) 添加 ERE X-WAY DP 从站如图 12 所示。并设置 DP 从站地址为 20, 如图 13 所示。

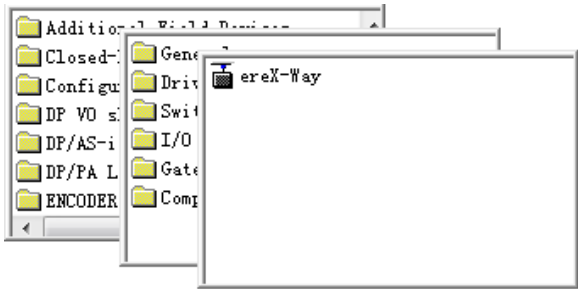


图 12

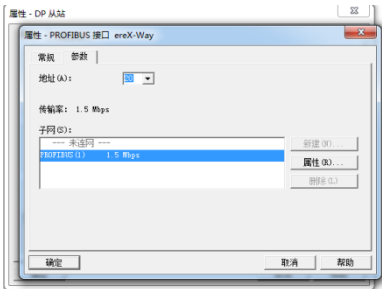


图 13

双击所添加的 DP 从站, 如图 14 所示, 单击分配参数选项卡, 单击 DPV1 中断选项, 如图 15 所示, 将所有选中的中断项取消, 如图 16 所示, 单击中断模式将 DPV1 改为 DPV0, 如图 17 所示。单击确认并保存。

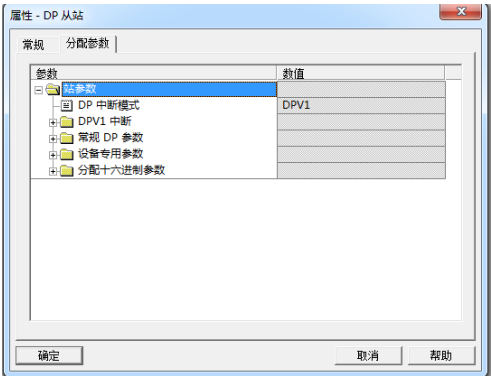


图 14

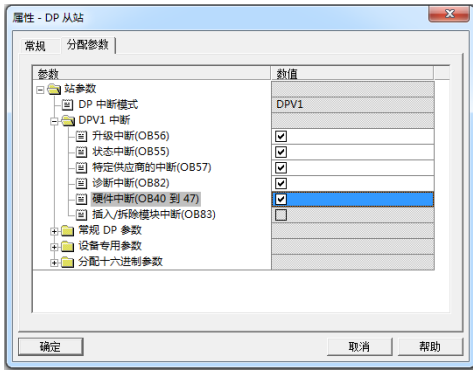


图 15

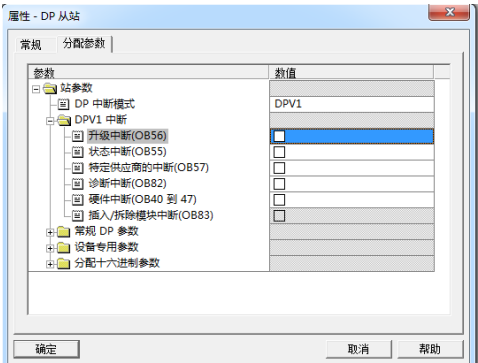


图 16

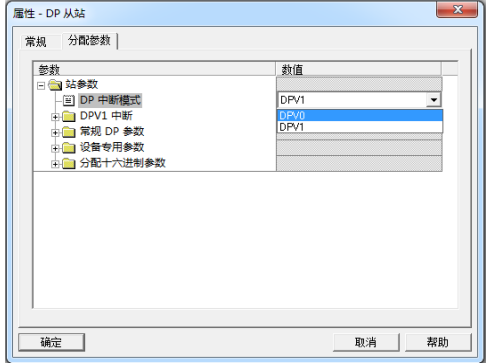


图 17

右键单击地址分配栏插槽 1，点击插入对象，如图 18 所示，插槽 1 至插槽 3 插入 blank space 。

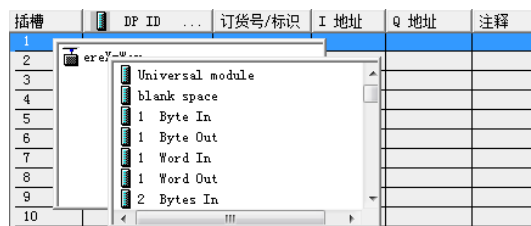


图 18

插槽 4 至插槽 7 插入 Universal module 并按图 19 进行配置和地址分配。

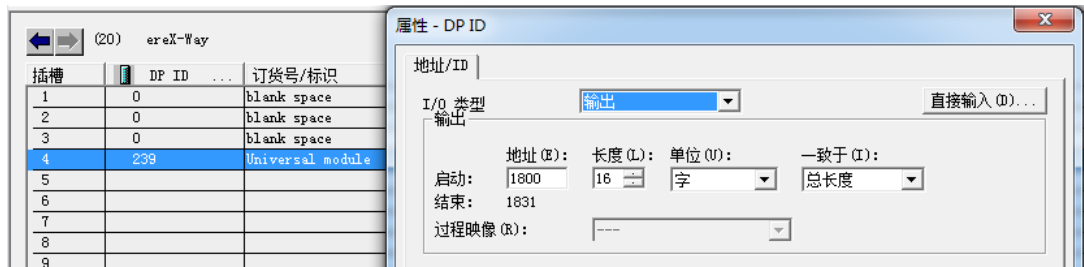


图 19

插槽 8 插入 Universal module 并按图 20 进行配置和地址分配。

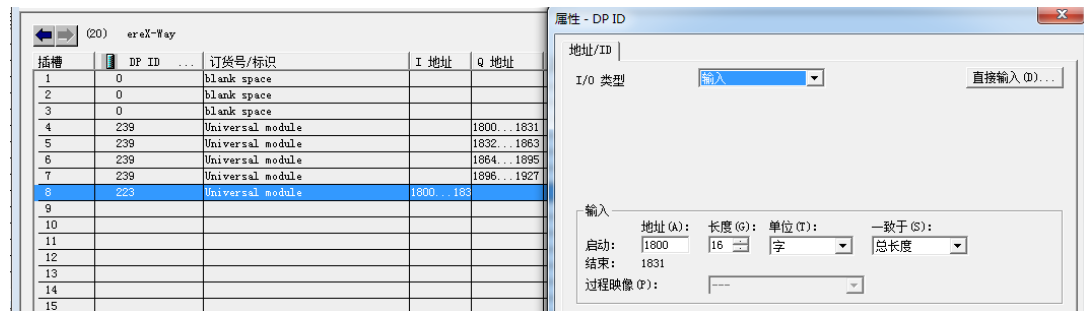


图 20

注意：在硬件组态时，添加 ERE X-WAY 从站前，需要在硬件组态工具 HW Config 中点击选项 (Option) → 安装 GSD 文件 (Install GSD)，否则在额外设备 (Additional Field Devices) → 普通 (General) 中无法找到 X-WAY。

9 主站 PLC 程序编写

主站 PLC 程序编写。左键单击 SIMATIC 300 站点 (SIMATIC 300 Station) 左侧加号，右键单击弹出的 CPU 315-2 PN/DP，在弹出来的快捷菜单选择插入新对象 (Insert New Object) 命令，鼠标左键单击插入 S7 程序 (S7 Program)，插入相应编程模块。如图 21 所示。

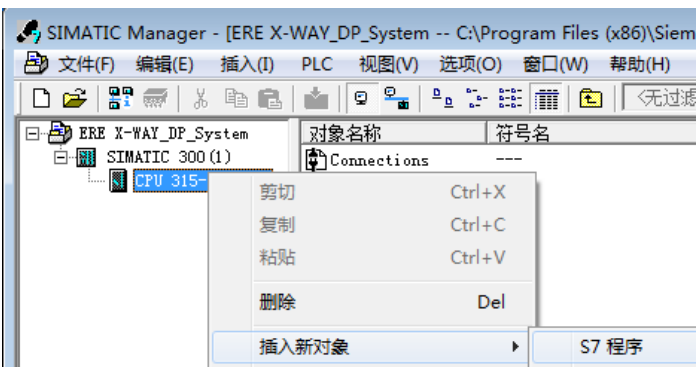


图 21

左键单击 S7 程序（S7 Program）左侧加号，右键单击弹出的块（Blocks），在弹出来的快捷菜单选择插入新对象（Insert New Object）命令，鼠标左键单击插入数据块（DATA Blocks）如图 22 所示。如图 23 在弹出的窗口名称和类型（Name and type）对话框中输入 DB1 后，点击确定（OK）生成全局数据块 DB1。按照上述步骤生成全局数据块 DB2。

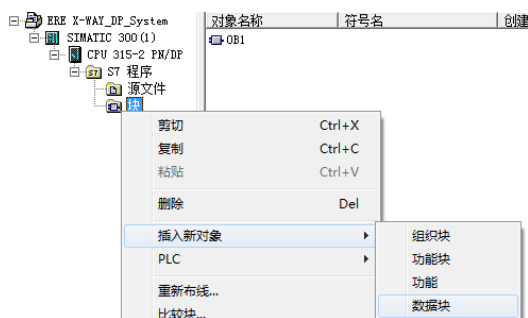


图 22

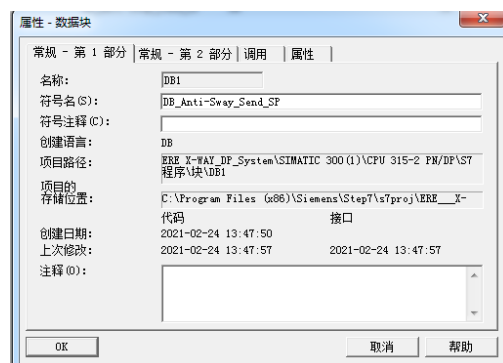


图 23

根据表 10、表 11 编制全局数据块 DB1（DB_Anti-Sway_Send_SP）与 DB2（DB_Anti-Sway_Recv_SP）。

创建各全局数据块时要先输入结构名称，例：DB_Anti-Sway_Send_SP；按回车键输入类型，例：STRUCT；按回车键初始值栏不用填写；继续按回车键输入相关注释；再按回车键按上述两表进行相关数据录入，后面步骤与上述相同。

编写功能 FC201。左键单击 S7 程序（S7 Program）左侧加号，右键单击弹出的块（Blocks），在弹出来的快捷菜单选择插入新对象（Insert New Object）命令，鼠标左键单击插入功能（Function）如图 26 所示，如图 27 所示在弹出的窗口名称（Name）对话框输入 FC201 后，点击确认 OK，生成 FC201。后面的功能 FC202、FC203、FC204 也可通过上述过程生成，后面将不在赘述。

表 10 输入 DB

地址	名称	类型	初识值	地址	名称	类型	初识值
DB1.DBW0	Xway_TL_TPL	INT	0	DB13.DBW72	Output_sp8	INT	0
DB1.DBW2	Xway_TL_HH	INT	0	DB13.DBW74	Output_sp9	INT	0
DB1.DBW4	Xway_TL_LEXT	INT	0	DB13.DBW76	Output_sp10	INT	0
DB1.DBW6	Xway_TL_Setp_in	INT	0	DB13.DBW78	Output_sp11	INT	0
DB1.DBW8	Xway_TL_Accel_Time	INT	0	DB1.DBW80	TS_Auto_Start	INT	0
DB1.DBW10	Xway_TL_Sway_Con_On	INT	0	DB1.DBW82	TS_Direction	INT	0
DB1.DBW12	Xway_TS_TPL	INT	0	DB1.DBW84	TS_Actual_Target_pos	DINT	0
DB1.DBW14	Xway_TS_HH	INT	0	DB1.DBW88	TS_Actual_Curr_pos	DINT	0
DB1.DBW16	Xway_TS_LEXT	INT	0	DB1.DBW92	TS_Setup_Vmax	INT	0
DB1.DBW18	Xway_TS_Setp_in	INT	0	DB1.DBW94	TS_Setup_Max_setp_DI	DINT	0
DB1.DBW20	Xway_TS_Accel_Time	INT	0	DB1.DBW98	TS_Setup_Creep_setp	INT	0
DB1.DBW22	Xway_TS_Sway_Con_On	INT	0	DB1.DBW100	TS_Setup_Dfin	INT	0
DB1.DBW24	Output_sp1	INT	0	DB1.DBW102	TS_Setup_Tsd	INT	0
DB1.DBW26	Output_sp2	INT	0	DB1.DBW104	TS_Setup_Dextra	INT	0
DB1.DBW28	Output_sp3	INT	0	DB1.DBW106	TS_Setup_Pos_toler_DI	DINT	0
DB1.DBW30	Output_sp4	INT	0	DB1.DBW110	TS_Setup_Zero_spd	INT	0
DB1.DBW32	ModeAuto_Manual	INT	0	DB1.DBW112	Output_sp12	INT	0
DB1.DBW34	TL_Auto_Start	INT	0	DB1.DBW114	Output_sp13	INT	0
DB1.DBW36	TL_Direction	INT	0	DB1.DBW116	Output_sp14	INT	0
DB1.DBW38	TL_Actual_Target_pos	DINT	0	DB1.DBW118	Output_sp15	INT	0
DB1.DBW42	TL_Actual_Curr_pos	DINT	0	DB1.DBW120	Output_sp16	INT	0
DB1.DBW46	TL_Setup_Vmax	INT	0	DB1.DBW122	Output_sp17	INT	0
DB1.DBW48	TL_Setup_Max_setp_DI	DINT	0	DB1.DBW124	Output_sp18	INT	0
DB1.DBW52	TL_Setup_Creep_setp	INT	0	DB1.DBW126	checkflag_out	INT	0
DB1.DBW54	TL_Setup_Dfin	INT	0	DB1.DBX128.0	SEND_ERROR	BOOL	FALSE
DB1.DBW56	TL_Setup_Tsd	INT	0	DB1.DBW130	SEND_STSTATUS	WORD	0
DB1.DBW58	TL_Setup_Dextra	INT	0	DB1.DBX132.0	RECEIVE_NDR	BOOL	FALSE
DB1.DBW60	TL_Setup_Pos_toler_DI	DINT	0	DB1.DBX132.1	RECEIVE_ERROR	BOOL	FALSE
DB1.DBW64	TL_Setup_Zero_spd	INT	0	DB1.DBW134	RECEIVE_STATUS	WORD	0
DB13.DBW66	Output_sp5	INT	0	DB1.DBW136	RECEIVE_LEN	INT	0
DB13.DBW68	Output_sp6	INT	0	DB1.DBW138	RETUN_VAL	INT	0
DB13.DBW70	Output_sp7	INT	0				

地址	名称	类型	初始值	注释
0.0		STRUCT		
+0.0	Xway_TL_TPL	INT	0	TL Total Pendulum Length
+2.0	Xway_TL_HH	INT	0	TL Hoist_height
+4.0	Xway_TL_LEXT	INT	0	TL_Variation of load length
+6.0	Xway_TS_Setp_in	INT	0	TS Speed Setpoint
+8.0	Xway_TS_Accel_Time	INT	0	TS Accel/Decel Time
+10.0	Xway_TS_Sway_Con_On	INT	0	TS Anti-sway Control On/Off
+12.0	Xway_TS_TPL	INT	0	TS Total Pendulum Length
+14.0	Xway_TS_HH	INT	0	TS Hoist_height
+16.0	Xway_TS_LEXT	INT	0	TS_Variation of load length
+18.0	Xway_TS_Setp_in	INT	0	TS Speed Setpoint
+20.0	Xway_TS_Accel_Time	INT	0	TS Accel/Decel Time
+22.0	Xway_TS_Sway_Con_On	INT	0	TS Anti-sway Control On/Off
+24.0	Output_sp1	INT	0	
+26.0	Output_sp2	INT	0	
+28.0	Output_sp3	INT	0	
+30.0	Output_sp4	INT	0	
+32.0	ModeAuto_Manual	INT	0	
+34.0	TL_Auto_Start	INT	0	
+36.0	TL_Direction	INT	0	
+38.0	TL_Actual_Target_pos	DINT	L#0	
+42.0	TL_Actual_Curr_pos	DINT	L#0	
+46.0	TL_Setup_Vmax	INT	0	
+48.0	TL_Setup_Max_setp_DI	DINT	L#0	
+52.0	TL_Setup_Creep_setp	INT	0	
+54.0	TL_Setup_Dfin	INT	0	
+56.0	TL_Setup_Tsd	INT	0	
+58.0	TL_Setup_Dextra	INT	0	
+60.0	TL_Setup_Pos_toler_DI	DINT	L#0	
+64.0	TL_Setup_Zero_spd	INT	0	
+66.0	Output_sp5	INT	0	
+68.0	Output_sp6	INT	0	
+70.0	Output_sp7	INT	0	

+72.0	Output_sp8	INT	0	
+74.0	Output_sp9	INT	0	
+76.0	Output_sp10	INT	0	
+78.0	Output_sp11	INT	0	
+80.0	TS_Auto_Start	INT	0	
+82.0	TS_Direction	INT	0	
+84.0	TS_Actual_Target_pos	DINT	L#0	
+88.0	TS_Actual_Curr_pos	DINT	L#0	
+92.0	TS_Setup_Vmax	INT	0	
+94.0	TS_Setup_Max_setp_DI	DINT	L#0	
+98.0	TS_Setup_Creep_setp	INT	0	
+100.0	TS_Setup_Dfin	INT	0	
+102.0	TS_Setup_Tsd	INT	0	
+104.0	TS_Setup_Dextra	INT	0	
+106.0	TS_Setup_Pos_toler_DI	DINT	L#0	
+110.0	TS_Setup_Zero_spd	INT	0	
+112.0	Output_sp12	INT	0	
+114.0	Output_sp13	INT	0	
+116.0	Output_sp14	INT	0	
+118.0	Output_sp15	INT	0	
+120.0	Output_sp16	INT	0	
+122.0	Output_sp17	INT	0	
+124.0	Output_sp18	INT	0	
+126.0	checkflag_out	INT	0	Communication check flag
+128.0	SEND_ERROR	BOOL	FALSE	
+130.0	SEND_STSTATUS	WORD	W#16#0	
+132.0	RECEIVE_NDR	BOOL	FALSE	
+132.1	RECEIVE_ERROR	BOOL	FALSE	
+134.0	RECEIVE_STATUS	WORD	W#16#0	
+136.0	RECEIVE_LEN	INT	0	
+138.0	RETUN_VAL	INT	0	
+140.0		END_STRUCT		

图 24 DB1

表 11 输出 DB

地址	名称	类型	初始值	地址	名称	类型	初始值
DB1.DBW0	Xway_TL_Setp_Out	INT	0	DB1.DBW24	Input_sp7	INT	0
DB1.DBW2	Xway_TL_Data_Out	INT	0	DB1.DBW26	Input_sp8	INT	0
DB1.DBW4	Xway_TS_Setp_Out	INT	0	DB1.DBW28	Input_sp9	INT	0
DB1.DBW6	Xway_TS_Data_Out	INT	0	DB1.DBW30	checkflag_In	INT	0
DB1.DBW8	Xway_TL_Status_Out	INT	0	DB1.DBX32.0	SEND_ERROR	BOOL	FALSE
DB1.DBW10	Xway_TS_Status_Out	INT	0	DB1.DBW34	SEND_STSTATUS	WORD	0
DB1.DBW12	Input_sp1	INT	0	DB1.DBX36.0	RECEIVE_NDR	BOOL	FALSE
DB1.DBW14	Input_sp2	INT	0	DB1.DBX36.1	RECEIVE_ERROR	BOOL	FALSE
DB1.DBW16	Input_sp3	INT	0	DB1.DBW38	RECEIVE_STATUS	WORD	0
DB1.DBW18	Input_sp4	INT	0	DB1.DBW40	RECEIVE_LEN	INT	0
DB1.DBW20	Input_sp5	INT	0	DB1.DBW42	RETUN_VAL	INT	0
DB1.DBW22	Input_sp6	INT	0				

地址	名称	类型	初始值	注释
0.0		STRUCT		
+0.0	Xway_TL_Setp_Out	INT	0	TL Adjusted speed setpoint
+2.0	Xway_TL_Data_Out	INT	0	TL Our service engineers use only
+4.0	Xway_TS_Setp_Out	INT	0	TS Adjusted speed setpoint
+6.0	Xway_TS_Data_Out	INT	0	TS Our service engineers use only
+8.0	Xway_TL_Status_Out	INT	0	TL_Status
+10.0	Xway_TS_Status_Out	INT	0	TS_Status
+12.0	Input_sp1	INT	0	Input spare1
+14.0	Input_sp2	INT	0	Input spare2
+16.0	Input_sp3	INT	0	Input spare3
+18.0	Input_sp4	INT	0	Input spare4
+20.0	Input_sp5	INT	0	Input spare5
+22.0	Input_sp6	INT	0	Input spare6

+24.0	Input_sp7	INT	0	Input spare7
+26.0	Input_sp8	INT	0	Input spare8
+28.0	Input_sp9	INT	0	Input spare9
+30.0	checkflag_In	INT	0	Communication check flag
+32.0	SEND_ERROR	BOOL	FALSE	
+34.0	SEND_STSTATUS	WORD	W#16#0	
+36.0	RECEIVE_NDR	BOOL	FALSE	
+36.1	RECEIVE_ERROR	BOOL	FALSE	
+38.0	RECEIVE_STATUS	WORD	W#16#0	
+40.0	RECEIVE_LEN	INT	0	
+42.0	RETUN_VAL	INT	0	
+44.0		END_STRUCT		

图 25 DB2

在编写的功能中 FC201 的功能是给输入报文各功能项赋值，FC202 的功能是利用 SFC15 向 X-WAY 中写入输入报文，FC203 的功能是利用 SFC14 读取 X-WAY 输出的防摆大小车速度值，FC204 的作用是计算大车主钩高度（Xway_TL_HH）、小车主钩高度（Xway_TS_HH）、大车跟随负荷总长度变量（Xway_TL_LEXT）、小车跟随负荷的总长度变量（Xway_TS_LEXT）。关键程序如下图 28 所示。

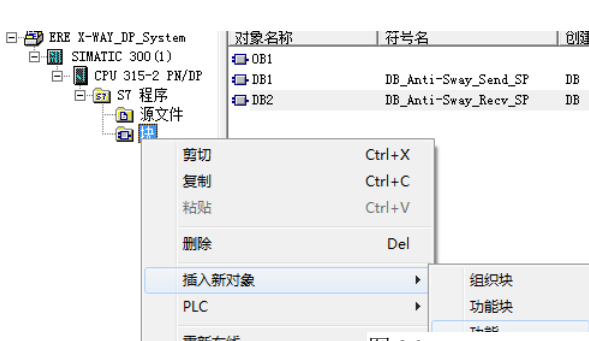


图 26

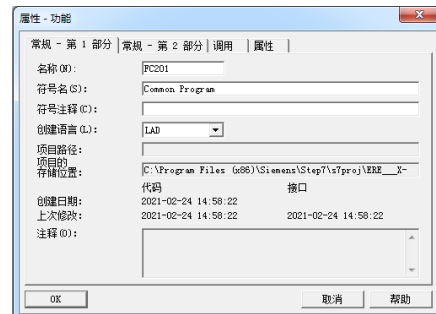


图 27

通过天车防摆 ERE X-WAY 装置在冷轧无人天车上的应用的研究，有效的解决了天车在自动运行状态下钢丝绳摆动的问题，极大的提高了天车的工作效率，提高了天车设备的使用寿命，降低了天车设备使用的人力成本。

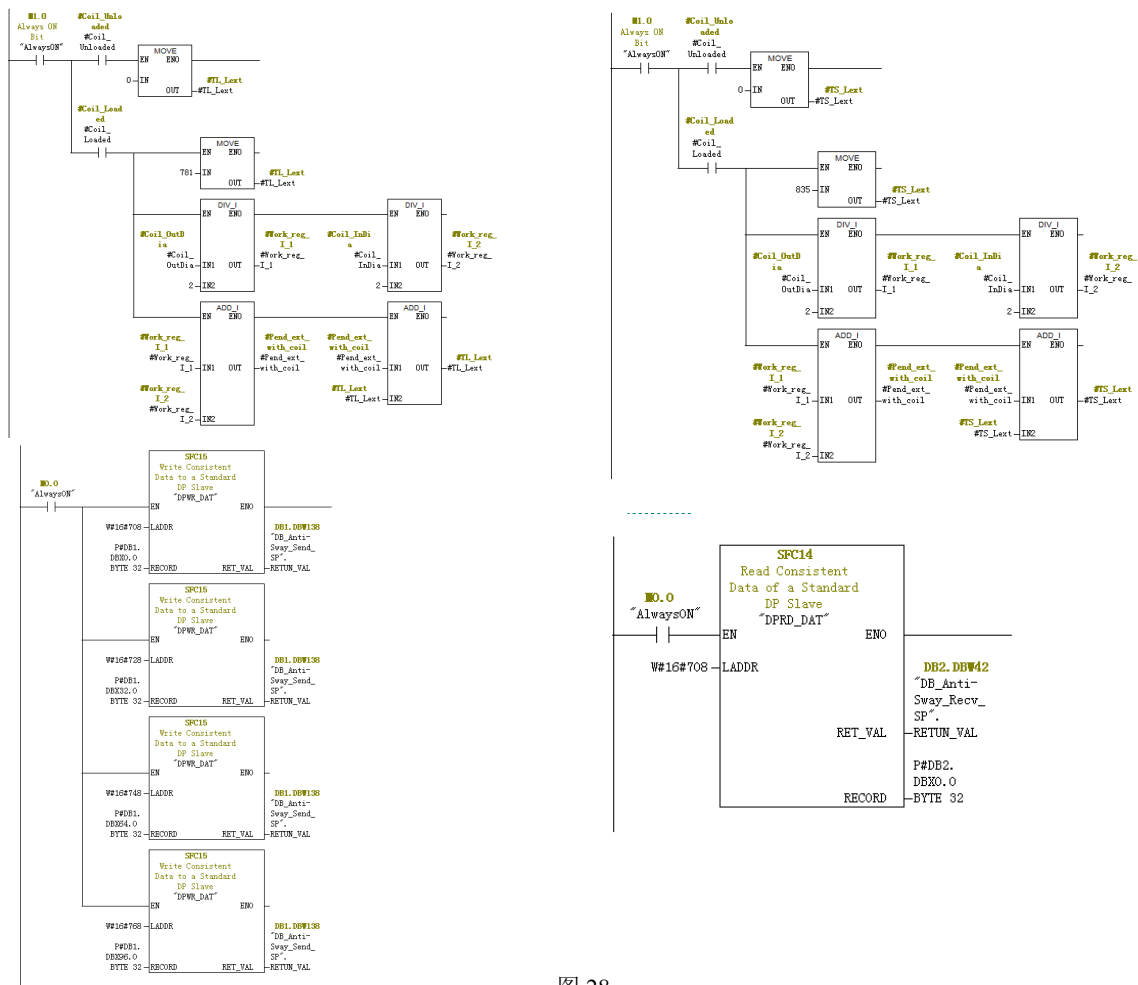


图 28

参考文献:

- [1] 姜建芳. 西门子 S7-300/400PLC 工程应用技术[机械工业出版社],2013。
- [2] 大连美恒电气有限公司. MVCAN 用户手册, 2009。
- [3] 薏莱蒲茵（唐山）科技有限公司. ERE X-WAY 防摇控制器使用手册, 2017。