

SIEMENS S7300 PLC 和 MM440 变频器

在超五类电线生产线中的应用

张志军

(东莞市联控自动化控制有限公司 广东东莞)

摘要： 本文介绍 S7300 PLC 在超五类电线挤出生产线中的应用，详细介绍张力控制，温度控制，MPI 通讯技术，CP340 (RS232) 和外设的自由口通讯在该生产线中的实现

关键词：S7300 PLC 超五类缆 电容仪 外径仪 张力 温度 MPI 全局数据通讯 CP340 自由口通讯

一：引言

电线电缆挤出生产线用于将特定的塑胶材料加热后，通过特定的模具包覆到裸铜线上，从而形成特定形状的电缆。

五类/超五类电缆电气性能除了对于直径，耐压等级有要求以外，还对高频信号通过电缆的衰减(通常称为带宽)，回波等有严格的要求(至少不低于 100MHZ); PROFIBUS 电缆就是一种超五类缆对于高频特性的在线检测的是水中电容仪，只要水中电容值在规定的范围内，该段电缆的大部分高频特性就可以得到保证。通常采用英国 BETA 公司出品的电容仪；除了自带的显示器之外还具有 RS232 接口的数据端口。

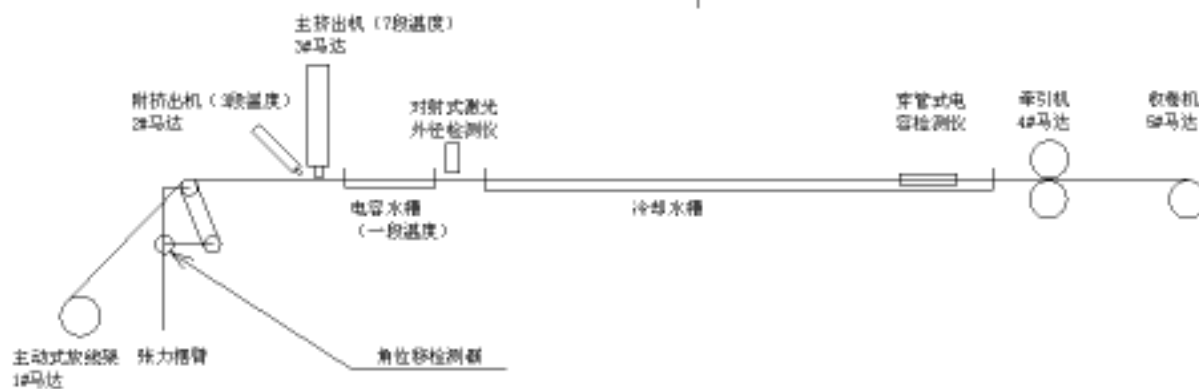
对于直径的在线检测则采用激光外径测试仪。该仪表的显示器可选，PID 控制器可选，RS232 数据端口为标准配置。

以上两种仪器是该生产线中必不可少的品检设备，从电气的角度而言就是保证连续生产时直径和电容值控制在要求的范围内。

虎门某电线设备厂为了实现该种生产线的过程自动化控制和品质控制需求(直径和电容值)，保证高合格率，决定采用 PLC+HMI+西门子 MM440 矢量变频器来实现该生产线的控制。

二：设备的简单工艺说明和硬件系统

如图 2 所示意，成卷的裸铜线从主动式放线架上引出，经摆杆张力架进入校直机，铜线预热机，进入置于挤出机终端的眼模，这时，来自挤出机的胶料就包覆在铜线上。经过包覆后的导线进入电容水槽冷却，经过外径检测仪，再进入冷却水槽(冷却水槽末端安装有电容仪)，由牵引机引出，至此，一条完整的电缆就生产完成，由于后段收卷与控制无关，故不讨论。



附图 1：5 类/超 5 类缆的结构简图和控制点

系统的整体配置为

A：控制部分

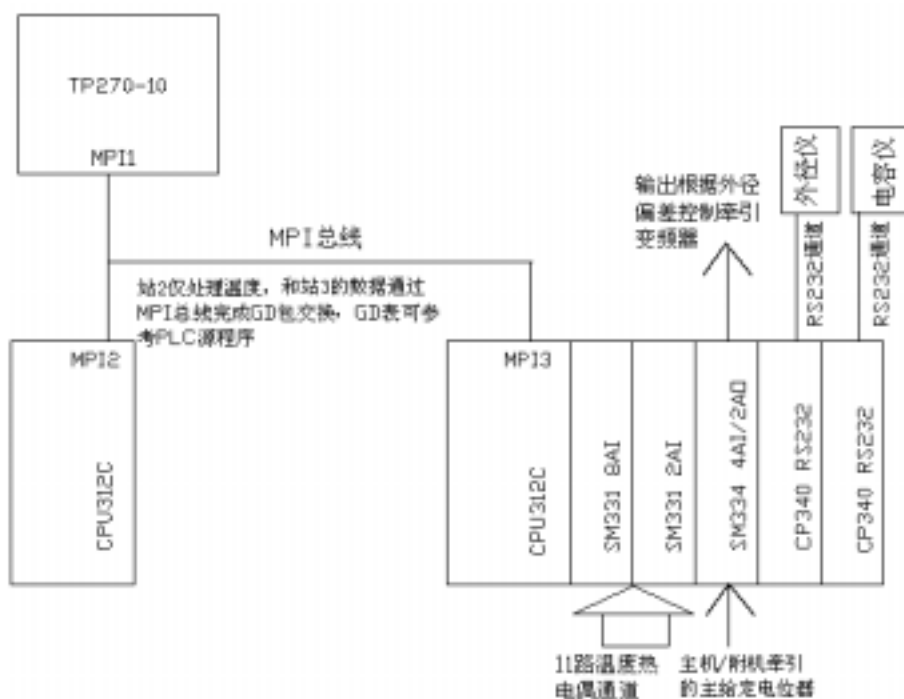
CPU312C	2 PCS
SM331 8AI	1 PCS
SM331 2AI	1 PCS
SM334 4AI/2AO	1 PCS
CP340 RS232	2 PCS
TP270-10	1 PCS

B：动力部分

MM440 5.5KW(放卷)	1PCS
MM440 11KW(主螺杆)	1PCS
MM440 2.2KW(附机和收卷)	2PCS
MM440 3.7KW(牵引机)	1PCS

三：控制系统的构成和程序编写

控制系统的硬件架构框图如图 3 所示，



附图 2：控制系统的架构框图

四：控制系统的功能和编程实现

1：放线（卷）装置的张力控制

整条线需要均衡的张力才不至于电缆被拉伸导致物理性能和电气性能发生变化。牵引装置将电线向前拉，速度由用户决定，那么，放线装置需要跟随牵引机的速度变化，这样才能保证电线的张力一致。很明显，这是典型的张力 PID 控制。张力控制的解决方案：采用 SIEMENS MM440 自带的 PID 控制。张力摆杆的角度变化信号用一个舞蹈轮电位器检测回来，输入到 MM440 的 AI1 作为 PID 控制器的反馈，PID 给定值有内部参数 P2889 或 P2990 按百分比给出，根据 MM440 使用大全 PID 控制的功能图，采用一个外部点控制 PID 的投入和退出，以满足手动和自动的切换。

相关参数如下：

- P0701=99 (DI1 使能 BICO, 将作为启动信号)
- P0703=99 (DI3 使能 BICO, 将作为 PID 切换信号)
- P2200=722.2 (使用 DI3 来切换手动和 PID 自动)

P0757=0 (AI1 的 X1)
P0758=-100% (AI1 的 Y1)
P0759=10 (AI1 的 X2)
P0760=100% (AI1 的 Y2)
P2253=2889 (PID 给定值来源于 P2889)
P2889=0% (张力摆杆平衡点的位置)
P2264=755.0 (PID 反馈值来源于 AI1)
P2267=100% (反馈值的上限)
P2268=-100% (反馈值的下限)
P2291=100% (PID 上限幅)
P2292=-100% (PID 下限幅)
P2280=0.325 (已经调试的最佳经验值)
P2285=0.85 (已经调试的最佳经验值)
P0840=722.0 (使用 DI1 作为启动信号)

其中的 AI 输入的标定, PID 反馈/PID 输出的限幅, PID 参数是 PID 成败的关键。

PID 放卷经过用户严格和反复的测试, 完全超越了硬件 PID 控制板的性能, 用于放 0.4mm 的铜线, 张力恒定在 250 克 (专用张力表测量); 线速度达到 400M/MIN, 牵引马达在 15S 内速度降到零, 仍可以保证摆臂的自动平衡。

2: 挤出螺杆的温度控制

螺杆本身包括模具在内在有 7 段温区, 注条机 3 个温区, 电容水槽 1 个温区, 因为该胶料是发泡材料, 发泡程度对温度极其敏感而影响外径和电容值, 客户要求控制在正负 1 度。

温度控制方法本来可以采用脉宽调制法而无需 PID, 但精度要求恐怕达不到需求 (实践证明一般可到正负 3 度), 因此, 拟采用 PID 提高控制精度; 温度控制的解决方法: 采用 2 台 CPU, 分担温度 PID 控制。

本例中采用固态继电器做加热开关元件, 所以采用 FB59 来控制温度

与 FB41 PID 功能块不同的是, FB59 的给定和反馈值并不需要做规格化处理 (按百分比比例化为 0%-100% 的浮点数), 而是直接分别将给定和反馈变换成浮点数置入 SP-INT 和 PV-IN, 采样周期 CYCLE 一般设置为 200MS, QLMNUP 是使温度上升的开关量, QLMNDN 是使温度下降的开关量, 分别填入加热驱动点和冷却驱动点, 而 P 和 I 参数则由 HMI 上输入改变, 根据经验 P 设置为 15, I 设置为 20, 获得了满意的控制效果。具体可参考源程序中的 OB35。

需要注意的是, FB59 如果出现饱和 (即使温度已超出很多仍然不停止), 可以给 COM-RST 参数一个上升沿或设置 P=0, I=0 强行让 PID 退出饱和。

3: 双 CPU 之间的数据交换和 HMI (TP270-10) 的通讯处理

因为采用两台 CPU, 不可避免的需要两台 CPU 之间交换数据, 有三种方法可以选择:

方法 1: 两台 CPU 之间通过 HMI 的 VB 脚本实现三者之间的数据交换, 因为 TP270 支持多 CPU MPI 通讯和脚本语言, 可以使用内部变量实现三者的数据交换;

方法 2: 在两台 CPU 之间直接使用 MPI 的全局数据通讯, 这种方法不增加任何的硬件开支和软件编写, 工作量最小, 组态调试最方便;

方法 3: 采用 DP 通讯。因为需要额外的 DP 通讯口, 虽然可以获取更到的通讯速度, 但成本大幅度提高, 所以是不可取的;

事实上最具有实用价值的方法 1 和 2 的综合使用。

解决方案: 本例程中使用了方法 2。组态 CPU 的全局数据包, 直接由组态实现而不用编程。

4：外径测试仪和电容仪的 RS232 通讯

这两台外设均自带 RS232 接口，支持简单的数据通讯，系统需要根据取回的外径数据做不同的处理，这在下节中讨论。所以，采用 2 块 CP340（RS232）模块来实现和两台外设的自由口通讯

4.1：CP340 的硬件参数化

CP340 内置支持 RK512, 3964R, ASCII 码协议，通过购买可选的 MODBUS 工具包，也支持 MODBUS 协议。从硬件接口形式看有 RS232, RS485, 20MA 电流环 TTY 接口。

CP340 需要事先对于硬件进行组态，组态的内容包括模块基地址的分配，通讯协议的选择，通讯数据帧格式定义，数据流控制等。注意，只有当安装了 CP340 的参数化工具包，才可以对其进行参数化，该工具包随硬件一起供货。

本例中模块基地址为 320，ASCII 码协议，9600 波特率，7 个数据位，2 个停止位，无校验。

4.2：CP340 的软件编程和应该注意的时序问题。

CP340 自由口通讯始终是很多用户关注的问题，在调试过程中，确实出现了很多的问题，如不发起通讯，通讯返回数据帧错乱，或接收数据不稳定等。所以，时序很重要。

A：发送请求（REQ）和终止信号（R）和无错完成（DONE）和发送错误 ERR 的关系

发送的第一次请求可由外部的使能命令触发，以后的周期性触发可以使用接收功能块的 NDR 信号延迟（延迟时间可以通过计算一条报文在一定波特率下需要的时间得出）。

需要查询发送功能块的 DONE 位和 ERR 位，一旦发现其中的任何一个位为 ON，则需要使用其中之一的信号来触发终止信号（R）终止发送。如果不检测 DONE 位来控制终止发送（R），则发送完第一条报文后，CP340 可能不进入第二次的发送导致通讯失败。ERR 的反馈信号用于检测通讯是否正确，一旦出错，理所当然需要终止发送，否则同样使通讯失败。

B：接受功能的使能接受（EN-R）使用和发送功能 REQ 同样的触发信号，终止接收（R）同样需要检测 NDR（接受无错完成）和 ERR（接收错），一旦检测到以上的两个信号，则给出 R 来终止接收过程。为了使通讯过程连续，程序需要检查接收功能块的 NDR 信号来触发发送功能块的 REQ。

以上的流程可参考附图程序，用户可以在程序中将注释处放入不同的网络中转化为 LAD，逻辑就很清晰了。

5：外径的自适应控制

对于外径仪而言，需要将读回的外径数据（实际值）来控制牵引机（或挤出螺杆）的速度，一旦发现实际外径大于给定外径，PLC 系统需要加快牵引机的速度，这样包覆在铜线上的胶料减少而减小外径使二者平衡。反之降低牵引机速度，是实际直径增大而使二者平衡。

本来外径仪的硬件 PID 控制器是可选件，但是由于其价格昂贵，因此，设备制造商希望取消该控制器来降低相关的硬件成本，所以，用 PLC 来实现对线径的误差控制就成了很重要的需求。

解决方案：将牵引机的速度分为主给定和辅助给定，其中主给定和挤出螺杆联动（由同一个电位器分压给出），辅助给定标定为正负 10V 对应正负 20%，而辅助给定由外径实际值和外径给定值之差决定大小和方向，这样，和 PID 控制器一样具有跟随特性，相当于一个 P 控制器。



附图 3：外径自适应的调整原理

```

可寄式读写的数据命令'C'
A DB22.DBX 258.1
JNB _001
L 'C'
T DB21.DBX 0
_001: NOP 0
//INI 初始开关000接通及receive结束时,触发send
A DB22.DBX 258.1
FP H 72.4
O(
A H 73.4
FN H 72.5
)
= H 72.0
//send (DB21.DBX0-DB21.DBX6)
A H 72.0
= L 6.0
BLD 103
A H 72.6
= L 0.1
BLD 103
A DB22.DBX 258.1
JNB _002
CALL "P_RECV", 104
REQ :=L6.0
R :=L6.1
LADDR :=336
DB_NO :=21
DEB_NO:=20
LEN :=7
DONE :=M72.2
ERROR :=M72.3
STATUS:=M74
_002: NOP 0
//send结束时, 所有锁时, 禁止发送
O H 72.2
O H 72.3
= H 72.6

```

附图 4 : CP340 发送功能块的示例程序 (已经现场调试使用)

```

receive (DB21.DBX20-DB21.DBX25)
A M 72.2
= L 6.0
BLD 103
A H 73.5
= L 6.1
BLD 103
A DB22.DBX 258.1
JNB _001
CALL "P_RECV", DB5
EM_R :=L6.0
R :=L6.1
LADDR :=336
DB_NO :=21
DEB_NO:=20
MER :=M73.1
ERROR :=M73.2
LEN :=M74
STATUS:=M74
_001: NOP 0
//receive结束时, 触发receive中断
O H 73.1
O H 73.2
= H 73.5
//receive结束时, 重新触发发送请求REQ
A H 73.1
S H 73.4
A H 73.4
= L 6.0
A L 6.0
BLD 102
L SST#100MS
SD T 4
A L 6.0
A T 4
R H 73.4 //M73.4用于重新触发 M72.0(发送功能块的REQ)
//以发起下一轮通讯问答

```

附图 5 : CP340 的接受功能块程序例 (已经过现场调试使用)

6 : 逻辑控制因为比较简单, 此处不在赘述。

四：采用该系统的用户效果和收益

- 1：因为采用 S7300 PLC 的 PID 控制，各温区的温度控制误差在正负 1.5 度，完全达到了用户对于电线发泡程度的需求，同时保证了温度对于电容值的影响保持在用户的预见范围内；
- 2：因为直径的控制由程序采用类似 PID 控制（本质是由 PLC AO 给出正负 10V 调整牵引马达偏差），保证了直径的公差在小数点后 3 位数波动，为用户节省了昂贵的外径直径 PID 硬件控制器
- 3：放线装置采用了 MM440 的 PID 控制（速度模式下的内置 PID），可以保证用户使用 0.4MM 裸线在 400M/MIN 的情况下，牵引机突然停机（10S 的减速时间）不断线。相比原有使用硬件 PID 控制板性能有大幅度提高，而且节省了用户购买 PID 板的费用，直接降低了用户的设计成本和维修成本，提高了生产效率（大幅度降低裸线重新穿过模具的几率）
- 4：采用了 CPU340 和相关的控制环，增加了仪表的远程功能，更方便用户的操作；更为电容值的控制带来便利（因为电容检测在冷却水槽的末端，距操作点约 15 米）；
- 5：因为全套系统采用 SIEMENS 元件，其品牌效应提高了设备的附加值，使用户获取额外的收益，提高设备的竞争力。

五：结束语

该套系统于 2004 年 10 月投入某美资工厂用于生产医疗设备用线材，其中 10 月中出现过一次温度 PID 饱和导致温度不受控的情况，后修改 PID 的 COM-RST 的信号触发条件未再出现，运行至今，状况良好，直径，张力，电容未出现过异常，为用户生产了大量的优质产品，获得了 OEM 客户和最终用户的好评

六：应用体会

该系统中从自控角度而言，

- 1：解决了 MM440 的张力控制问题，感觉到 MM440 的 PID 控制器的优良性能，但第一次调整花费了很多的时间，之后用 DRIVERMONITOR 下载，非常方便，PID 性能的一致性很好，不象别的品牌，同样的机械结构和参数，效果不同，初次使用一定要看懂功能图和 BICO 连接；
- 2：CP340 的自由口通讯一定要注意文中提到的时序和错误处理，否则可能通讯不正常。CP340 没有如 S7200 自由口通讯的字符中断，所以感觉上时序的安排没有字符中断灵活，好用；
- 3：FB59 温度 PID 的控制，其给定和反馈不必如 FB41 需要规格化为 0-100% 的数据，这对于初次使用者具有很重要的意义；
- 4：关于 MPI 的通讯方式，可以采用多种方法达到目的，不必拘泥于某种形式，可以带来处理方法的灵活性从而获得最佳的性价比，这是 SIEMENS 提倡的 TIA 带来的好处。

附件：

PLC/HMI 源文件