

基于 PLC 和智能温控表的塑料挤出机温度控制系统设计

张还

(青岛农业大学机电工程学院, 青岛 266109)

摘要 开发了一种基于西门子公司 S7-300 PLC 和日本理化智能温控表 CD901 组成的塑料挤出机温度控制系统, 详细介绍了该控制系统的总体结构、硬件配置。利用 CP340 通信模块, S7-300 PLC 可与智能温控表进行双向、高速的串行通信, 实现对其读写控制。

关键词 塑料挤出机 PLC 智能温控表 串行通信

S7-300 是西门子公司推出的模块式小到中型的 PLC, 它运算速度快, 软件指令丰富, 功能强大, 扩展灵活方便, 具有可靠性和抗干扰能力强、安全性高、网络通信能力强等优点^[1]。CP340 是 S7-300 系列 PLC 的通信模块, 它允许用户通过点对点的链接, 实现 PLC 间或者 PLC 与不同厂家智能通信设备间的数据通信。智能仪表是工业控制中最常用的设备部件之一, 主要针对某一特定的工艺参数, 采用先进的控制算法以达到精确控制的目的。日本理化公司的 CD901 温控表智能化程度高, 可实现温度回路闭环的精确调节, 具有测量精度高、PID 参数自整定、模糊控制、手动/自动无扰切换、带 RS-485 通信口、电压脉冲输出(或 4~20 mA 电流输出)和模拟输出等一系列功能。

笔者现对使用 CP340 串行通信模块组成的基于 S7-300 PLC 和 CD901 的塑料挤出机分布式温度控制系统作一介绍, 其可以满足现场控制对温度工艺参数的各项要求, 实现对温度的精确测量、控制。PLC 可以实时读取、写入 CD 系列智能温控表的数据, 并能通过人机界面(触摸屏)实现配方下载和数据显示等功能。

1 温度控制系统控制策略的选择和系统总体结构

塑料挤出机主要由料筒和机头两部分组成。料筒一般分为 4~7 个温度区, 每个分区的温度设定值可各不相同, 机头可分为 3~5 个温度区。塑料颗粒由料斗进入料筒, 随着螺杆旋转, 物料从料筒前进到机头, 经过预热、熔融、塑化后制成成品。控制系统中对象的扰动主要有: 各分区间按照工艺要求所设定温度值的差异、螺杆旋转和物料摩擦产生的热量、物料带走的热量等。可见, 现场温度过程参数的测量控制是较为复杂的。

目前, 温度控制系统多采用分离的温度调节仪表或是基于 PLC 的闭环反馈控制系统两种控制方

案^[2]。前者多应用于经济型的塑料挤出机温度控制系统中, 分离仪表采用电加热器分区加热。此种控制方案具有价格低的优势, 但在控制功能上受到很多限制, 主要体现在对各分离单元单独进行控制, 整个系统无法实现综合控制功能。而且多只温控表的使用一方面使温控电路结构复杂、故障率增加, 另一方面由于分离温度调节仪表多为断续控温方式, 因此造成各加热区温度波动较大, 影响了塑料制品的加工质量。后者多用于精确高档型的温度控制系统中, 基于 PLC 的温度控制系统测量、调节温度的一般过程是: 温度传感器(热电偶或热电阻)检测到料筒和机头的温度模拟量信号后送入 PLC 的模拟量输入模块或温度调节模块, PLC 从模块中读取温度实测值与温度设定值进行比较得到偏差。按照 PLC 内部相应的控制策略或算法, 求得相应的控制量去控制固态继电器的通断时间以调节电加热器的加热功率和冷却风机的冷却时间, 从而实现有料筒和机头温度的测量和控制。采用这种控制方案显然成本较高, 同时如果现场的 I/O 信号众多, 模拟量信号调节回路数目较多, PLC 内部控制策略、算法再较为复杂的话, 无疑会加重 PLC 的运行负担, 降低其运行效率。而近年推出的智能温控表本身都具有回路的 PID 控制和模糊控制等功能, 因此温度模拟量信号完全可以不进入 PLC, 可将温度回路的闭环调节功能下放给智能温控表来完成, 由它实现对温度模拟量的闭环测量和控制。整个挤出机电气控制系统以 PLC 作为控制核心, 通过扩展通信模块与智能温控表进行 RS-485 串行通信。这样可大大减轻 PLC 的运行负担, 提高其运行效率。像开关量的逻辑控制、顺序控制和压力、流量等其它模拟量信号的采集、处理则仍交给 PLC 来完成。此外, PLC 通过

其通信口可连接触摸屏,可以实现人机交互、图形显示、数据处理、报表打印等功能。基于 PLC 和智能温控表的挤出机控制系统的总体结构如图 1 所示。

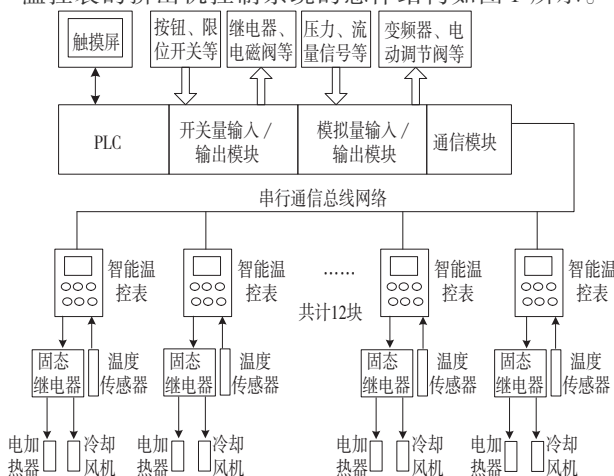


图1 挤出机控制系统的总体结构

2 PLC 控制系统的硬件配置

塑料挤出机控制系统采用性能优越、软件功能丰富的 S7-300 PLC 作为系统的控制核心。CPU 模块选用 315-2DP, 另外还配置了多块数字量输入输出模块 (SM321、SM322) 和模拟量输入模块 (SM331), 可实现开关量的逻辑控制、顺序控制和压力、流量等多回路模拟量的测量控制等。PLC 通过其 PROFIBUS-DP 接口可引出 PROFIBUS 现场总线网络, 能够挂接 ET200M、变频器等从站。多个回路的温度调节功能则交由 12 块智能温控表 CD901 来实现。通过扩展 CP340 通信模块, 可以实现 S7-300 PLC 与智能温控表 CD901 的 RS-485 串行通信, PLC 同时作为串行通信总线网络的主站, 而 12 块温控表则作为串行通信网络的各从站。这样可使原来独立于 PLC 系统之外的远程温控系统也集成到 PLC 网络之中, 极大地方便了温控表的现场监控和维护。触摸屏选用西门子公司的 TP170 作为现场的监控操作站, 可以实现与下位机 S7-300 PLC 及现场仪表设备层的双向、高速数据通信, 能够完成配方的下载、管理, 关键工艺参数的设定, 工艺流程、图表显示和故障报警处理等功能。塑料挤出机 PLC 温度控制系统的硬件配置如图 2 所示。

3 PLC 与智能温控表串行通信的实现

3.1 智能温控表通信协议及参数设定

(1) 通信协议

CD901 智能温控表具有 RS-485 标准接口, 采用双绞线、半双工多站连接, 通信码为 ASCII 码格

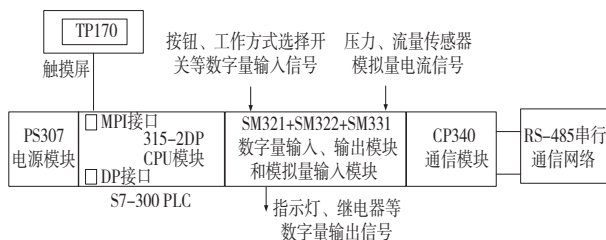


图2 塑料挤出机控制系统硬件配置

式。CD901 智能温控表采用轮询/选择 (Polling/Selecting) 方式建立数据链接。在这种方式下主机 (PLC) 完全控制智能通信设备的行为, 即数据的发送和接收完全由主机决定。通信时的字符、数字字母采用 ASCII 码形式, 用到的控制字符主要有 [EOT]、[ENQ]、[ACK]、[NAK]、[STX] 和 [ETX] 等, 它们的 ASCII 码分别是 04H、05H、06H、15H、02H、03H。

①上位机读命令帧格式。上位机读命令帧格式为: EOT(起始符) + 表地址号 + 参数名 + ENQ(发送结束符)。

仪表应答帧格式为: STX(响应起始符) + 参数名 + 数据 + ETX(响应结束符) + BCC(数据校验和)。

如果上位机对同一块表再次读参数, 可发送 ACK 和 NAK 命令。ACK 表示仪表按参数表的顺序返回下一参数数值; NAK 表示仪表返回同一参数当前时刻的数值。

②上位机写命令帧格式。上位机向仪表发出写入命令后, 仪表发出应答命令, 告诉上位机参数修改是否成功。

上位机写命令帧格式为: EOT + 表地址号 + STX(写命令) + 参数名 + 数据 + ETX + BCC。

仪表应答帧格式为: ACK 为参数修改完成, NAK 为参数修改失败。对同一块表可以再次写, 上位机重发命令可以省略表号, 按下面格式发送: STX + 参数名 + 数据 + ETX + BCC。

(2) 参数设定

为了实现温控表与 PLC 的串行通信, 需对 CD901 温控表进行通信参数设定, 如图 3 所示。

Add	温控仪表地址 (0~99)
bPS	通讯速率设定
bIT	通信时数据帧结构, 共有6种格式, 包括7位或8位数据位、1位校验位和1位或两位停止位
InT	相邻控制字符之间发送时间间隔

图3 CD901 温控表通信参数设定

CD901 温控表的参数设定如下: Add = 1 ~12 (分别为 12 块温控表的地址), bPS = 2(通信速率为 9600 bit/s), bIT = 3(7 位数据位, 奇校验, 2 位停止位), InT = 150(发送时间间隔为 150 ms)。

3.2 CP340 通信协议及参数设定

(1) 通信协议

CP340 模块集成了 3 种异步串行通信的标准接口: RS - 232C、RS - 422/RS - 485、20 mA(TTY) 接口。对不同的通信接口, CP340 模块预置了 3 种串行通信接口的标准协议: ASCII、3964(R)、PRINTER 协议^[3]。为与温控表通信协议一致, CP340 选择的协议是 ASCII 码, 它是一种通信双方可用于点对点链接的数据传输协议, 可适用于 RS - 232C、RS - 485/RS - 422、20 mA(TTY) 3 种异步串行通信接口, 既可用于二线制接法的 RS - 485 通信接口, 也可用于四线制接法的 RS - 422 接口。这里选择 CP340 通信模块在 RS - 485 串行接口下使用 ASCII 码协议。对接收到的数据帧判断是否结束有三种工作方式: 字节延迟时间到停止、收到终止符停止和收到固定数目的字节停止。

(2) 参数设定

CP340 的通信参数可以通过集成在西门子 Step7 编程软件中的 CP340 通信模块参数化工具进行设定。设定的内容包括通信方式(通信速率、数据位数、停止位数和奇偶校验), 接收帧结束方式和接口方式(RS - 485/RS - 422) 等。这里, CP340 的通信参数设定如下: 使用 ASCII 码协议, 接收数据帧结束方式为字节延迟时间到。数据帧格式采用 7 位数据位, 2 位停止位, 奇校验, 通信速率为 9 600 bit/s, 其它采用默认设定, 总之与温控表通信参数设定要一致。

3.3 PLC 通信程序的设计

(1) 功能块 FB2 和 FB3 参数说明

在本塑料挤出机温度控制系统中, 要求 S7 - 300 PLC 要与 12 块温控表进行 RS - 485 串行通信。为了读写数据, 采用轮询方式访问每块温控表。

在 S7 - 300 PLC 中, CPU 和 CP340 的通信由系统提供的功能块(FB) 来实现, 这些功能块是 PLC 与 CP340 模块的软件接口。对于 RS - 422/RS - 485 串口, S7 - 300 PLC 提供了系统功能块 FB2(P_RCV) 和 FB3(P_SEND) 实现串行数据的发送和接收。通过 FB2(P_RCV) 可以从仪表读取数据, 通过 FB3(P_SEND) 可以向仪表写入数据^[4]。接收功能

块 FB2 和发送功能块 FB3 的参数说明见表 1。

表 1 功能块 FB2 和 FB3 参数说明

功能块	名称	类型	数据类型	参数说明
FB2	LADDR	INPUT	INT	CP340 起始地址
	DB_NO	INPUT	INT	接收数据块号
	DBB_NO	INPUT	INT	接收数据块的起始地址
	LEN	INPUT	INT	接收字节长度
	EN_R	INPUT	BOOL	使能接收
	NDR	OUTPUT	BOOL	接收完成位, 为 true 说明有错
	ERROR	OUTPUT	BOOL	错误位, 为 true 说明有错
FB3	STATUS	OUTPUT	WORD	状态字, 标识错误代码
	LADDR	INPUT	INT	CP340 起始地址
	DB_NO	INPUT	INT	发送数据块号
	DBB_NO	INPUT	INT	发送数据的起始地址
	LEN	INPUT	INT	发送数据的字节长度
	REQ	INPUT	BOOL	发送数据触发位, 上升沿触发
	DONE	OUTPUT	BOOL	发送完成位, 完成后为 true
	ERROR	OUTPUT	BOOL	错误位, 为 true 说明有错
	STATUS	OUTPUT	WORD	状态字, 标识错误代码

(2) S7 - 300 PLC 通信程序的设计

在塑料挤出机料筒机头加热、冷却系统中共使用了 12 块 CD901 智能温控表。温度控制系统可由触摸屏进行配方下载和在生产过程中将温控表的实时数据通过 CP340 读入 S7 - 300 PLC 中以便在触摸屏上显示。

①PLC 向温控表写数据(使用功能 FB3)。在 OB35(循环中断调用组织块) 中可对温控表写入功能块 FB3 进行编程, PLC 向温控表写入命令的功能程序如下:

```
L "YibiaoNo" //载入待发参数仪表顺序号到累加器 1
L 1 //载入 "1"到累加器 1,原累加器 1 内容至累加器 2
= = 1 //仪表顺序号与 "1"号进行比较
JCN _10 //若不相等则跳转到标号_10 处, 若相等顺序向下执行
L B#16#30 //装入仪表号 1 的高位 ASCII 码地址
T "P_SEND parameter". CtrlAddHigh //传送到相应数据块
L B#16#31 //装入仪表号 1 的低位 ASCII 码地址
T "P_SEND parameter". CtrlAddLow //传送到相应数据块
.....
JU _11 //无条件跳转到标号_11 处, 执行 FB3 发送功能
```

_10: L "YibiaoNo" //载入待发参数仪表顺序号到累加器 1

L 2 //载入 "2" 到累加器 1, 原累加器 1 内容至累加器 2

= = 2 //仪表顺序号与 "2" 号进行比较
.....

_11: CALL "P_SEND", "P_SEND DATA" //调用 FB3 发送功能块

REQ: = M10.0 //0.5s 定时脉冲

R: = M10.1

LADDR: = 352 //CP340 地址

DB_No: = 200 //发送数据块起始地址

DBB_No: = 0 //数据块字节起始地址

LEN: = 14 //发送数据长度

DONE: = M10.2 //发送完成标志位

ERROR: = M10.3 //发送错误位存储

STATUS: = MW100 //发送状态字存储

②PLC 从温控表读取数据(使用功能 FB2)。

PLC 从温控表读取数据的功能程序如下:

CALL "P_RCV", "P_RCV DATA" //调用

FB2 接收功能块

EN_R: = TRUE //允许接收

R: = FALSE

LADDR: = 352 //CP340 地址

DB_No: = MW30 //接收数据起始字地址

DBB_No: = 0 //接收数据起始字节地址

NDR: = M10.4 //接收完成标志位

ERROR: = M10.5 //接收错误位存储

LEN: = MW102 //接收数据长度

STATUS: = MW104 //接收状态字存储

接收数据的数据块(DB)只要定义成字节型数组,长度不小于 52 个字节即可。每次从温控表读取的数据可存放在不同的数据块中。此外,从智能温控表中传回来的数据为 ASCII 码,还需要对其进行由 ASCII 码→十进制数的数制转换。

③BCC(数据校验和)的计算。数据校验和的计算使用 XOW(字异或)指令,对从参数名到 ETX 为止的 ASCII 码作半加和计算。此段程序可做成带参数的功能块以供调用。

4 结语

由于温度的闭环调节使用智能温控表来完成,大大地减轻了 PLC 的运行负担,提高了其运行效率。此外,PLC 扩展通信模块 CP340 后使用 RS-485 串口的 ASCII 码通信协议,可对分布在现场的多块 CD901 智能温控表进行读写操作,极大地方便了现场温控表的操作和控制,可将远程智能温控表集成于 PLC 控制网络之中。本塑料挤出机温度控制系统实际运行后,系统运行安全、稳定、可靠,能够满足温度测量、控制的各项技术要求,采用这种控制方案具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 何衍庆, 俞金寿, 蒋慰孙. 工业生产过程控制[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 103-105.
- [2] 张还, 李胜多. 可编程控制器原理及过程控制[M]. 北京: 中国电力出版社, 2008: 221-224.
- [3] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 302-304.
- [4] 西门子(中国)有限公司. 深入浅出西门子 S7-300 PLC[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004: 199-205.

DESIGN OF TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF PLASTIC EXTRUDER BASED ON PLC AND SMART THERMOSTAT

Zhang Huan

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Qingdao Agriculture of University, Qingdao 266109, China)

ABSTRACT An application of SIEMENS S7-300 PLC and CD901 smart thermostat to the temperature control system of plastic extruder is introduced in detail. The controlling structure and the hardware selection of the temperature control system are described. By using communication processor CP340, the realization of RS-485 serial communication between SIEMENS S7-300 PLC and CD901 is proposed.

KEYWORDS plastic extruder, PLC, smart thermostat, serial communication

青岛丰利达成功研制可生产塑料预应力波纹管设备

近日,青岛丰利达塑料机械有限公司成功研制出一种可生产预应力塑料波纹管的塑机设备。新生产线配置了专用的分离型混炼螺杆和螺旋结构机头,具有高速挤出、高速塑

化等特点,可使管材内外壁光滑。生产出的预应力塑料波纹管具有良好的耐腐蚀性、不导电,可防止杂散电流腐蚀,密封性能好,强度和刚度,抗冲击性好,可广泛应用于高速公路立交桥、铁路桥梁等。
(工程塑料网)