

doi 10.3969/j.issn.1003-4226.2009.05.011

# LZ-6/700直进式拉丝机控制系统

石柱凤

(中钢集团郑州金属制品研究院有限公司, 河南 郑州 450001)

**摘要** 介绍 LZ-6/700直进式拉丝机的控制过程。利用拉拔过程中金属秒流量相等原理,推导出各台拉拔设备转速、减速比和钢丝截面积的关系。指出对于同一台设备,生产同一种规格的钢丝时,各个电机的转速始终成比例。该系统主要由人机界面、PLC和变频器组成。采用 PROFIBUS-DP现场总线,给出系统配置图、控制过程和通讯程序,结合硬件配置说明通讯程序中的地址设置。在 PLC 程序中建立数据块用于变频器的通讯,对数据块的参数和通讯程序的关系及控制实现的功能进行解释。给出用于 PROFIBUS-DP 总线通讯时的变频器参数,并对通讯程序涉及的参数给予说明。

**关键词** 直进式拉丝机; 拉丝机控制; PROFIBUS-DP; PLC; 变频器; PLC和变频器的通讯

中图分类号 TG355.9

## Control system of LZ-6/700 straight line wire drawing machine

SHIGUIFENG

(Sinosteel Zhengzhou Research Institute of Steel Wire Products Co., Ltd., Zhengzhou 450001, China)

**Abstract** To introduce the control process of LZ-6/700 straight line wire drawing machine. Making use of the principle of metal second flow being equal in the course of wire drawing, the relations between main rotation speed and reduction ratio of every set of drawing device and steel wire cross-sectional area are deduced. It is pointed out that the rotation speed (frequency) of each motor is proportional all the time for the same set device to produce the same spec steel wire. The system is mainly made up of human-computer interface, PLC and transducer. To adopt PROFIBUS-DP, the system arrangement plan, control process and communication program are given, combining hardware configuration to explain address settings in communication program. Setting up data block in PLC program to use as communication of transducer, the relation between data block parameters and communication program, control realizing functions are explained. Transducer parameters used for PROFIBUS-DP communication are given, and the parameters relative to communication program are illustrated.

**Keywords** straight line wire drawing machine; wire drawing machine control; PROFIBUS-DP; PLC; transducer; PLC and transducer communication

直进式拉丝机由多个拉丝单元组合而成,可对金属丝进行连续拉拔加工。拉拔过程中,钢丝先进入模具,再在卷筒上缠绕数圈,接着进入下一个拉丝模,所以对各拉拔卷筒的速度同步性要求较高。

### 1 控制过程及系统组成

#### 1.1 控制过程

LZ-6/700直进式拉丝机由6台45kW变频电机驱动,如图1所示。拉丝机运行时必须保证同步运行,其中成品卷筒主机只做简单调速来控制整机的线速度,其余卷筒以此为基准跟随运行。各个卷筒之间安装有用于检测位置的气缸摆臂,采用位

移传感器检测摆臂的位置。当钢丝拉得过紧或过松时,在气缸压力的作用下使摆臂移位,给出不同的位置信号。由于成品钢丝较粗,运行速度不高,收卷部分采用矢量转矩控制方式,不用活套调节,直接由PLC给定收线转矩。所有电机均采用变频专用电机,并带有机电制动装置。

#### 1.2 系统组成

该控制系统主要由S7-315-2DP型PLC,MM440变频器及TP170A型人机界面组成,MM440变频器配置PROFIBUS-DP通讯模块CB,插在变频器中,由基本装置提供电源。控制系统采用PROFIBUS-DP通讯控制方式,如图2所示。

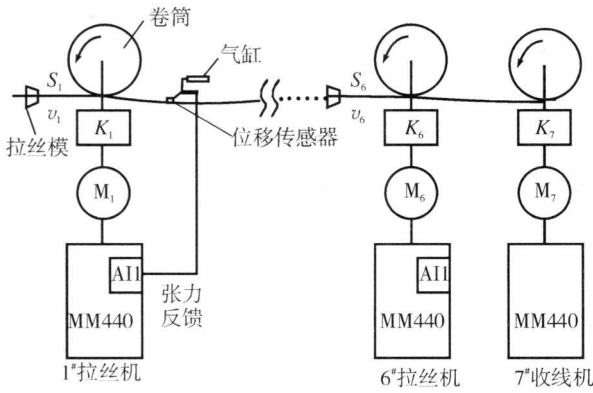


图 1 LZ-6/700 直进式拉丝机控制示意图

Fig.1 Control schematic of LZ-6/700 straight line wire drawing machine

2.1 主频率的计算

从图 1 可以看出, 要保证金属秒流量相等, 必须

$$S_1 v_1 = S_2 v_2 = \dots = S_i v_i, \quad (1)$$

式 (1) 中:  $S_i$  为拉丝模出口处钢丝的截面积,  $v_i$  为各卷筒的线速度。

对某一拉拔工艺来说, 钢丝截面积  $S_i$  是基本不变的 (忽略模具的磨损), 电控系统仅仅控制卷筒的线速度  $v_i$  就可以实现各卷筒的速度匹配, 以满足生产工艺的要求。

设  $n_i$  为卷筒对应电机的转速,  $k_i$  为对应机械传动比,  $D_i$  为卷筒直径, 则有  $v_i = D_i n_i / k_i$  对于已经成型的设备,  $D_i$  为常数, 设  $a = D_i$  可得

$$v_i = a n_i / k_i \quad (2)$$

将 (2) 式代入 (1) 式可得

$$S_1 n_1 / k_1 = S_2 n_2 / k_2 = \dots = S_i n_i / k_i \quad (3)$$

由式 (3) 可知, 在系统中生产某一规格的钢丝, 钢丝截面积可以事先知道 (根据模具的规格计算得到), 并可以认为近似不变, 即为恒值。机械传动比在生产过程中也为恒值, 这样  $S_i / k_i$  就为恒值。

令  $S_i / k_i = k_i$ , 则式 (3) 就变为  $n_1 k_1 = n_2 k_2 = \dots = n_i k_i$ 。 (4)

由式 (4) 可以看出, 对于同一台设备, 生产同一种规格的钢丝时, 各个电机的转速始终成比例, 这也是主频率分配的理论依据。

2.2 附加频率的微调

各摆臂的位移传感器信号接入对应的变频器, 作为 PID 控制的反馈输入信号, 形成微调。PID 给定值为中间位置, 通过通讯设定。其控制框图如图 3 所示。

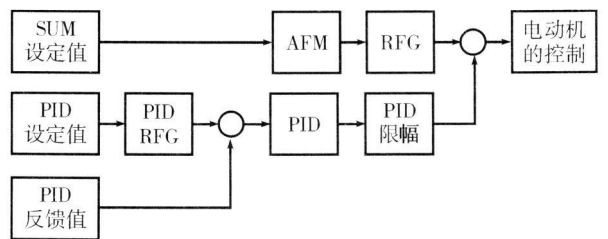


图 3 变频器内部 PID 控制方式

Fig 3 PID control mode in transducer

2.3 PLC 和变频器的通讯

由图 2 可知, 该系统用 PROFIBUS-DP 协议实现了 PLC 和变频器的信息传递。PLC 的编程软件为 STEP7 V5.2 软件<sup>[6]</sup>, 可实现 S7-300 PLC 编程和 PROFIBUS-DP 组态及通讯配置。上位机画面操作采用 PROTOOL 进行编程和操作, 与 PLC 通讯也采用 PROFIBUS-DP 通讯方式。

直进式拉丝机电气系统的控制较为复杂, 因工艺不同控制方式也有差别<sup>[1-5]</sup>。该系统各级联动由 PLC 实现, 速度同步则由变频器实现, 而变频器的运行频率和启停由 PLC 控制。操作员在 TP170A 上设定设备运行的速度, 该信号进入 PLC, PLC 根据加减时间按照一定的斜率输出, 通过通讯指令传输给变频器, 作为各拉拔设备的主速度信号。以 6# 主机的速度为基准分配其余拉拔卷筒的主给定, 此时各卷筒的速度基本上就可以满足生产工艺的需要, 由位移传感器检测得到的信号由变频器进行 PID 计算后叠加到主速度上, 以控制拉拔设备的速度, 保持钢丝入模时的张力恒定。

为了穿线需要, 每个卷筒都安装有 4 个脚踏开关, 实现单台正反转点动及前联后联点动。单台正反转点动时 PID 控制无效; 前联和后联即自身卷筒起往前或往后的卷筒实现联动控制, 除自身的 PID 控制无效外, 其余运转的卷筒 PID 都有效, 否则穿好的线将出现断丝; 但最前、最后的 1 个卷筒只要实现前联与后联控制即可。

2 控制原理

2 3 1 程序的编制及硬件组态

打开 STEP7 V5.2 组态软件, 进入 Hardware Configuration 完成 S<sub>7</sub>-300 PLC 硬件组态; 选定 S<sub>7</sub>-315-2DP 为主站系统, 将 MICROMASTER4 组态到以 S<sub>7</sub>-315-2DP 为主站的 DP 网上, 并选定使用的 PPO 类型为 PPO4 设定变频器站点网络地址为 3-9 人机界面地址为 1, PLC 地址为 2。在变频传动装置 PROFIBUS 的结构中, MM440 变频器使用 PROFIBUS-DP 通信模块 CB 进行数据传输, 是周期性工作, 主机从站读取输入信息并把输出信息送给从站, 因此需要在 PLC 主程序中调用 2 个系统功能块 SFC14 和 SFC15 来读写这些数据, 实现对变频器的控制。

2 3 2 系统通讯程序的调用

系统功能 SFC14 SFC15 可以实现数据的输入和输出。在系统块中找到 SFC14 SFC15 并在主程序中调用。

```
CALL DPRD_DAT          SFC14
LADDR := W#16#100
RECORD = #DB1 DBX12.0 BYTE 12
RET_VAL = MW2
```

该程序调用 SFC14 系统功能, 将从站存放在 B256~B267 的数据打开, 并放在 DB1 DBB12~DB1 DBB23 中。LADDR 的值是 W#16#100 表示十进制 256, 和硬件组态虚拟地址一致, 也就是硬件组态时变频器占的地址单元。

```
CALL DPWR_DAT          SFC15
LADDR := W#16#100
RECORD = #DB1 DBX0.0 BYTE 12
RET_VAL = MW0
```

该段程序是调用 SFC15 系统功能, 将存放在 DB1 DBB0 ~ DB1 DBB11 中的数据打包, 通过 QB256~QB267 发送出去, QB256~QB267 对应着硬件组态时变频器的地址。

2 3 3 PLC 数据块的编制

在调用通讯功能程序前, 必须建立通讯数据块, 用于存放输入和输出的数据, 同时根据选择的 PPO 通讯类型, 在规定的存取单元存放适当的数据, 以控制变频器。同时建立变量表, 用于观测实时通讯效果。建立的数据块 DB 参数见表 1, 变量表见表 2。

2 3 4 变频器参数设置

变频器与 PLC 进行 PROFIBUS-DP 通讯, 除在 PLC 进行编程外, 在每台变频器上也要进行适当的参数设置。

基本设置: P0700=6, 选择命令源为通讯板设

表 1 数据块 DB 参数

Table 1 Data block DB parameters

地址	名称	类型	初始值	注释
0 0	con_worl	WORD	W#16#0	变频器控制字 1
2 0	con_worl1	WORD	W#16#0	频率(或转矩)设定值
4 0	con_worl2	WORD	W#16#0	PID 设定值
6 0	con_worl3	WORD	W#16#0	控制字 2
8 0	con_worl4	WORD	W#16#0	
10 0	con_worl5	WORD	W#16#0	
12 0	sta_worl	WORD	W#16#0	变频器状态字 1
14 0	sta_worl1	WORD	W#16#0	实际频率
16 0	sta_worl2	WORD	W#16#0	实际电流
18 0	sta_worl3	WORD	W#16#0	模拟输入值
20 0	sta_worl4	WORD	W#16#0	状态字 2
22 0	sta_worl5	WORD	W#16#0	实际力矩
= 24 0		END_STRUCT		

表 2 DB1 数据块的变量表

Table 2 DB1 data block variable

地址	符号	显示格式
DB1 DBW 0	con_worl	HEX
DB1 DBW 2	con_worl1	HEX
DB1 DBW 12	sta_worl	HEX
DB1 DBW 14	sta_worl1	HEX

置, 在模块与传动之间建立通讯; P0916 = 3 4 5 6 7 8 9 指定通讯板的地址, 可通过 PROFIBUS 模板上的 DP 开关设定, 也可由用户输入地址; P1000=6 频率设定值的选择, 由通讯板设定; P1070=2050.1, 从通讯板接收到的字 1; P1300=20.21, 变频器的控制方式选择, 拉丝机为无传感器矢量控制, 收线机为无传感器矢量转矩控制; P1500=6 转矩设定值的选择, 由通讯板设定; P2012=6 过程数据 PZD 的长度, PZD 用于传输频率主设定值, 并控制变频器的运行, 变频器的数据类型应与 PLC 组态的数据类型一致; P2051 将过程数据发送到通讯板, 即 PZD 与 CB 接通, P2051.0=52 是变频器运行状态字 1; P2051.1=21 为变频器的实际输出频率; P2051.2=27 为变频器的实际输出电流; P2051.3=755 按十六进制数 (4000) 标定的模拟输入值; P2051.4=53 为状态字 2; P2051.5=31 为电动机的实际转矩值; P2200=2091.8 允许 PID 控制器投入; P2253=2050.2 为变频器内部 PID 设定值。

过程参数互联才能完成通讯板与变频器相应参数的定义和连接, 包括主站到变频器的连接和变频

器到主站的连接 2 部分。变频器设定的连接参数: (1)从 PLC 发送到传动装置变频器通讯板的 PZD 值, PZD1 为接收到的字 0 是变频器的启动使能、停止、急停等控制命令(即控制字), 该控制字的具体参数见表 3 PZD2 为接收到的字 1, 是变频器的频率(或转矩)设定值; PZD3 为接收到的字 2 是变频器内部 PD 设定值; PZD4 为接收到的字 3 是 PD 使能控制; PZD5、PZD6 没有联接, 可置为零。(2)从变频器通讯板发送到 PLC 的 PZD 值, PZD1 为发送的字 0 是变频器实际的状态字 1, 如报警、故障等变频器运行状态, 该状态字的具体参数见表 4 PZD2 为发送的字 1, 是变频器实际的输出频率; PZD3 为发送的字 2 是变频器输出的实际电流值; PZD4 为发送的字 3 是变频器按十六进制(4000)标定的模拟输入值, 即摆臂的位置检测; PZD5 为发送的字 4 是变频器实际的状态字 2 PZD6 为发送的字 5 是实际转矩。

表 3 变频器控制字预览表

Table 3 Control characters preview of transducer

位	位地址功能	准备好	启动	正向	反向
				点动	点动
00	ON/OFF1 命令	0	1	0	0
01	OFF2 按惯性自由停车命令	1	1	1	1
02	OFF3 快速停车	1	1	1	1
03	脉冲使能	1	1	1	1
04	斜坡函数发生器(RFG)使能	1	1	1	1
05	RFG 开始	1	1	1	1
06	设定值使能	1	1	1	1
07	故障确认	0	0	0	0
08	正向点动	0	0	1	0
09	反向点动	0	0	0	1
10	由 PLC 进行控制	1	1	1	1
11	反向运行(设定值反相)	0	0	0	0
12	未使用	0	0	0	0
13	用电动电位计(MOP)升速	0	0	0	0
14	用 MOP 降速	0	0	0	0
15	CDS 位 0 (本机 / 远程)	0	0	0	0
字	结果	047E 047F 057E 067E			

2.4 存在的问题

在调试时发现, 由于现场的电机布线较长, 容易干扰总线通讯和位移传感器的检测信号, 所以要注

表 4 变频器状态字预览表

Table 4 State characters preview of transducer

位	位地址功能	准备	启动	变频器
		好		报警
00	变频器准备	1	1	1
01	变频器运行准备就绪	0	0	0
02	变频器正在运行	0	1	0
03	变频器故障	0	0	0
04	OFF2 命令激活	1	1	1
05	OFF3 命令激活	1	1	1
06	禁止接通命令	0	0	0
07	变频器报警	0	0	1
08	设定值 / 实际值偏差过大	0	0	0
09	PZD1(过程数据)控制	1	1	1
10	已达到最大频率	0	0	0
11	电动机电流极限报警	1	1	1
12	电动机报闸制动投入	1	1	1
13	电动机过载	1	1	1
14	电动机正向运行	1	1	1
15	变频器过载	1	1	1
字	结果	FA 31	FA 35	FA B1

意干扰问题对控制系统的影响, 最佳方案是将电机线和控制线分开, 并将电机线也采取屏蔽措施。另外直进式拉丝机对变频器要求很高, 低频时输出转矩要大, 响应要快, 所以要用开环矢量运行方式, 准确输入电机参数并进行自调谐整定。

3 结语

基于现场总线的直进式拉丝机控制方案, 使控制系统结构得到简化, 设计、安装及检修维护都很方便, 它不仅减小了控制柜的安装空间, 也降低了成本。人机对话方便了工艺设定和操作, 该系统运行 2 a 多来稳定可靠, 受到用户好评。

参考文献

[1] 撒继铭, 李进, 周虎, 等. 调谐辊式拉丝机控制系统的设计 [J]. 金属制品, 2006, 32(4): 36  
 [2] 全海珍. LZ5-6/550 直进式拉丝机的变频调速控制 [J]. 金属制品, 2003, 29(2): 29-31.  
 [3] 张艳. LZ-3/550 直进式拉丝机的变频改造 [J]. 金属制品, 2004, 30(4): 29-30.  
 [4] 夏雷, 张伟. 无调节辊完全直进式拉丝机控制系统 [J]. 金属制品, 2005, 31(3): 23-25.

doi 10.3969/j.issn.1003-4226.2009.05.012

# 塔轮立式干拉机的设计

宋月, 俞宏星, 孙亚磊  
(郑州机械研究所, 河南 郑州 450001)

**摘要** 比较干式拉丝和湿式拉丝的优缺点。介绍塔轮立式干粉拉丝机的特点及适用范围: 既保留了湿式拉丝机的优点, 又使干式拉丝的优越性得以体现, 特别适合拉拔细钢丝和特细钢丝。设计塔轮立式干粉拉丝机时, 要遵循单位时间内经过各道拉丝模的钢丝体积流量相等的原理, 并利用此原则列出计算方法; 采用无级调速器的传动方式, 既可满足生产不同规格钢丝的需求, 又可降低配模要求; 为减少拉丝模孔的磨损和功率的损耗, 一般取滑动系数为 1.03~1.05, 为保证冷却效果, 拉丝模、塔轮使用水冷方式。

**关键词** 立式拉丝机; 塔轮; 干式拉丝; 湿式拉丝; 无级调速器

**中图分类号** TG35.8

## Design of vertical cone pulley dry powder wire drawing machine

SONG Yue, YU Hong-xing, SUN Ya-lei

(Zhengzhou Research Institute of Mechanical Engineering, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract** To compare the advantages and disadvantages of dry and wet wire drawing machine. The characteristics and application scope of vertical cone pulley dry powder wire drawing machine are introduced, that is not only remains the advantages of wet wire drawing machine but also reflects the superiority of dry type wire drawing machine, especially suitable to draw fine wire and extra-fine steel wire. When vertical cone pulley dry powder wire drawing machine is designed, the principle of volume flow of steel wire passing through each wire drawing die being equal must be followed, and make use of the principle to list calculation method. Adopting stepless speed adjusting gear driving mode can satisfy the demands to produce different spec steel wire and reduce the requirements of dies arrangement. The slip coefficient was taken as 1.03~1.05 for reducing abrasion and power consumption; the wire drawing dies and cone pulley use water cooling mode for ensuring cooling efficiency.

**Keywords** vertical wire drawing machine; cone pulley; dry-type wire drawing; wet wire drawing; stepless speed adjusting gear

### 1 塔轮立式干粉拉丝机的特点

金属的拉拔是一种常用的冷加工方法, 按照线材的润滑状态可分为干式拉丝和湿式拉丝。干式拉丝可直观反映钢丝表面质量, 润滑效果好, 生产效率高; 湿式拉丝为保证钢丝质量, 拉拔前需在钢丝表面形成较厚的润滑膜, 才能确保拉丝过程中润滑膜不被完全清洗掉, 且表面残留润滑剂不易清洗<sup>[1]</sup>。

使用湿式拉丝方式的常用设备是水箱拉丝机,

其优点是结构紧凑, 占地面积小, 且拉拔过程中钢丝无扭转等; 其缺点是湿式润滑剂润滑性能差, 配模要求高, 易造成钢丝表面划伤, 一旦断丝, 穿丝麻烦, 而且卷筒在润滑液中转动, 增加了许多能耗<sup>[2]</sup>。

设计开发的塔轮立式干粉拉丝机, 在拉拔过程中使用干式润滑剂, 卷筒为双层塔轮式结构, 既保留了水箱拉丝机的优点, 又使干式拉丝的优越性得以体现。塔轮立式干粉拉丝机的卷筒、模具

[5] 韩灵生, 储方杰, 周绍英. 直进式拉丝机变频调速过程控制系统[J]. 金属制品, 1995, 21(4): 25-31

(收稿日期: 2009-06-30)

作者简介

[6] 廖常初. S7-300/400 PLC 应用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000: 88-129.

石桂凤, 1965年生, 中钢集团郑州金属制品研究院有限公司高级工程师。