

# 西门子 FM-450 高速计数器 在飞剪控制中的应用

攀枝花钢铁(集团)公司 罗斌 陈军 刘其军

**摘要:**剪刃位置控制是高速线材生产中所使用的启停式飞剪的关键控制环节,其控制精度的高低直接影响到飞剪的正常工作。文章介绍的是采用由高速脉冲计数器、PLC 和光电增量编码器构成的位置环控制系统。

**关键词:**启停式飞剪 位置控制 高速脉冲计数器

## Application of SIEMENS FM-450 High-speed Counter in Control System of Shear

Luo Bin Chen Jun Liu Qijun

**Abstract:** It's very important that accurate position of the edge of start-stop shear to high-speed wire mill production. Shear would run by accurate controlled. The article expound a kind of position control system that is made up of high-speed pulses counter, PLC and light cell code device.

**Keywords:** start-stop shear position control high-speed pulses counter

## 1 引言

精轧前飞剪是轧制线上控制最复杂的单独调整设备。它在生产过程中,相对于其它设备更容易发生故障,它是否能可靠地工作,是高速线材能否顺利生产的关键之一。攀钢线材厂的精轧飞剪是启停式飞剪,飞剪的主要功能是:根据生产规格、轧制制度、设备保护等要求对线材轧制的轧件进行切头、切尾及故障切废。其剪切过程包括以下几个连续的动作:原始停止位置→启动加速→恒速运行→剪切轧件→制动→反向运行→到位停止。精确地检测剪刀的位置、测量飞剪上游机架(2#预精轧)的速度是控制好整个剪切动作的 2 个前提。

## 2 飞剪控制的工艺要求

启停式飞剪的剪刃平时停在一个固定位置上(图 1 中  $P_0$  点),该位置称为飞剪的“停止位置”。剪切时剪刃从停止位置开始启动、加速,剪刃顺时针转过  $P_2$  位置、ZERO 脉冲位置。飞剪剪刃在运行到剪切点之前达到剪切速度,并保持匀速运行到剪切点对轧件剪切。剪切完毕后,剪刃继续匀速运行到  $P_1$  位置时飞剪开始制动,并在制动过程中

凭惯性继续顺时针转过  $P_0$  位置、 $P_2$  位置、ZERO 脉冲位置后(惯性不应过剪切点),飞剪速度降为零,制动完毕。接着飞剪开始以额定转速的-30% 的速度反向运行,反向转过 ZERO 脉冲位、到达  $P_2$  位置时,飞剪速度降为额定转速的-5% 的爬行速度,当剪刃爬行到  $P_0$  位置时,飞剪速度降为零,飞剪停止运行,为下一次剪切作好准备。

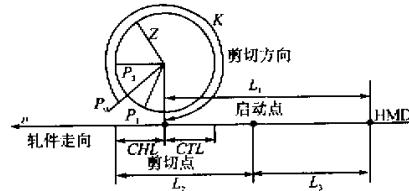


图 1 飞剪剪切示意图

CHL——切头长度(CUT HEAD LENGTH),由操作站设定, m CTL——切尾长度(CUT TAIL LENGTH),由操作站设定, m  $L_1$ ——从 HMD(热金属检测器)到飞剪剪切点的距离, m  $L_2$ ——从 HMD 到启动点的距离, m  $t$ ——切头时飞剪剪刃从停止位启动并运行到剪切点所用时间,可由现场实验得出, s  $v$ ——2#预精轧出口速度, m/s

## 3 飞剪系统的构成

飞剪控制系统由上位机、西门子 S7-400 PLC、西门子 FM450-1 高速脉冲计数器、ABB 公

司 DCS502-0520-51 直流驱动器、飞剪电机以及飞剪的位置光码和速度光码、上游机架(2# 预精轧)速度光码组成, 见图 2。

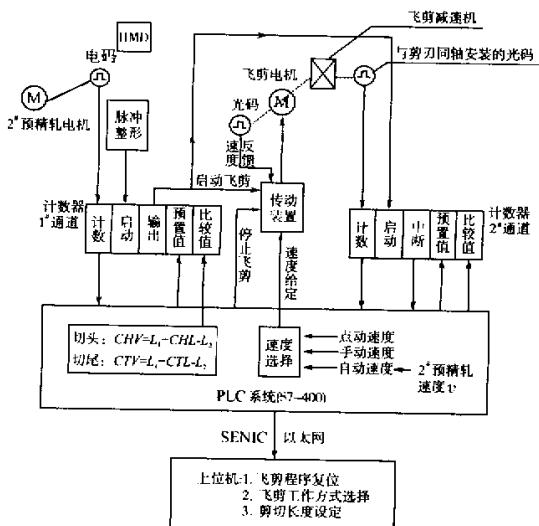


图 2 飞剪系统位置环电控原理图

本系统中, 上位机和基础自动化西门子 S7-400 PLC 之间采用 SENIC HI 工业以太网联结; S7-400 PLC 和 ABB 传动之间采用现场数据总线 PROFIBUS-DP 通讯。

飞剪控制系统是 3 环系统, 即电机电流控制环和速度控制环(在 DCS502B-0520-51 驱动器中实现), 剪刃位置控制环(由高速脉冲计数器、PLC 和飞剪位置环增量光电编码器共同构成)。该飞剪控制的剪切动作多、剪切速度快(6 m/s)、控制精度高, 位置环控制剪刃位置误差不大于±2°。

飞剪的位置环控制中用了 1 块西门子 FM450-1 可编程高速计数器模块。FM450-1 高速计数器模块是 1 块不依赖于 S7-400 PLC 中央处理器(CPU414-2)而独立运行的智能模块, 它与中央处理器之间可进行实时数据交换。其主要功能特点如下。

1) 具有 2 个独立的通道, 每个通道可接收来自光电编码器的 A、B 及 Z(零脉冲)3 个数字脉冲信号。

2) 每个通道有 3 个数字输入点 DI(24V, 9mA), 2 个数字输出点 DO(24V, 0.5A)。

3) 可接收 5~24V DC 的单端或差分输入信号, 计数器范围是: 双向计数 -2,147,483,648~+2,147,483,647, 单向计数 0~4,294,967,295。

4) 计数器每个通道的 2 个比较值可用 PLC

处理器软件信号进行更改、设置为当前比较值, 预置值可用外部光码 ZERO 脉冲或 PLC 处理器内部软件信号进行设置。

5) 最大输入脉冲频率: 20~200 kHz。

6) 每个计数器有 3 种不同的计数方式: 连续/单次/周期。

7) 启动计数器计数可用处理器内部软件信号或用外部硬件信号。

8) 计数器模块可提供 7 个故障诊断的中断。

## 4 飞剪控制原理

启停式飞剪的控制主要包括飞剪速度控制, 轧件剪切长度控制和剪刃位置控制 3 个方面。

### 4.1 飞剪速度控制

在本系统中, 飞剪有 3 种速度: 点动速度, 手动速度, 自动剪切速度。点动速度固定设置为电机额定速度的 10%; 手动速度由工作站人工设定; 点动速度, 手动速度主要用于调试、试验; 自动剪切速度是实际生产时飞剪的剪切速度。为满足飞剪剪切时剪刃线速度与线材速度一致, 必须使剪刃的线速度与上游机架(2# 预精轧机)线材的出口速度一致。为使剪切顺利进行, 切头时使剪刃速度稍大于线材速度。切尾时使剪刃速度稍小于线材速度。为此 PLC 内设定一个超前系数(一般值为 3%~10%)。当超前系数设为 3% 时, 飞剪切头速度即为 1.03v, 切尾速度即为 0.97v。

### 4.2 轧件剪切长度控制

我们以轧件头部剪切的情况(见图 1)为例来说明轧件剪切长度控制(尾部剪切的情况可照理类推): 轧件头部剪切长度 CHL 由人工在上位机设定。上位机将设定的切头长度 CHL 通过以太网传给 PLC, PLC 根据飞剪上游机架轧件出口速度和设定的切头长度 CHL 计算出 1 个值 CHV(CUT HEAD VALUE)并赋给 FM450-1 高速脉冲计数器 1# 通道, 作为计数器 1# 通道的比较值 1。当轧件头部到达热金属检测器 HMD 时, 计数器 1# 通道开始从零对 2# 预精轧电机光码脉冲计数并不断用当前计数值和比较值 1 进行比较。在计数器 1# 通道开始计数的同时, 轧件头部继续向着飞剪行进。当计数器 1# 通道的计数值等于比较值 1 时, 轧件头部正好运行到图 1 中的启动点, 此时靠计数器 1# 通道的 DO 信号同时启动飞剪运行和启动计数器 2# 通道, 开始对飞剪剪刃的位置光码输出脉冲信号计数。飞剪经过加速、匀速运行, 在剪刃以剪切

速度到达剪切点对轧件进行剪切时, 轧件头部通过剪切点的长度刚好为设定的剪切长度  $CHL$ 。由此可见, 切头长度控制的关键就是计算出计数器 1# 通道的比较值 1(即  $CHV$ )。 $CHV$  其实质就是当轧件头部从 HMD 运行到启动点的过程中 2# 预精轧电机的光码所产生的脉冲信号数。当钢头到达 HMD 之前, 计数器 1# 通道即对 2# 预精轧电机的光码脉冲信号计数 1s, 所计得的脉冲数为  $PPV$  (PRE PULSES VALUE), 从而由 PLC 计算出 2# 预精轧的出口速度为

$$v = \frac{\pi D}{1024} PPV \quad (1)$$

由图 1 所示可知

$$CHV = \frac{L_3}{\pi D} 1024 \quad (2)$$

$$L_3 = L_1 + CHL - L_2 \quad (3)$$

式中

$$L_2 = vt \quad (4)$$

由式(1)、式(3)、式(4)可推出

$$L_3 = L_1 + CHL - \frac{\pi D}{1024} PPV \cdot t \quad (5)$$

再由式(2)和式(5)可推出

$$CHV = (L_1 + CHL) \frac{1024}{\pi D} - PPV \cdot t$$

在飞剪切尾长度控制中, 我们同理可计算出  $CTV$  (CUT TAIL VALUE) 作为计数器 1# 通道的比较值 1

$$CTV = (L_1 - CHL) \frac{1024}{\pi D} - PPV \cdot t$$

#### 4.3 飞剪剪刃位置控制

飞剪剪刃位置控制主要是指剪刃的位置检测和定位。该飞剪位置控制系统是由西门子 FM450-1 高速脉冲计数器、西门子 S7-400 PLC、ABB 公司 DCS502-0520-51 直流驱动器、飞剪电机以及飞剪的位置光码组成的。位置控制软件逻辑框图见图 3。

对于图 4 我们有如下定义。

1)  $P_0$  位置为剪刃初始停止位置,  $Z$  位置为 ZERO 脉冲位,  $P_1$  为比较位置 1 (COMP POSITION 1),  $P_2$  为比较位置 2 (COMP POSITION 2)。

2)  $P_0$  位置和  $Z$  位置之间的夹角  $\varphi$  所对应的剪刃位置环光码脉冲数即是计数器 2# 通道的预置值 ( $PRESET VALUE = 1024\varphi/360$ )。

3)  $P_0$  位置和  $P_1$  位置之间的钝角  $\varphi_1$  所对应的

光码脉冲数即是计数器 2# 通道的比较值 1 ( $COMP VALUE 1 = 1024\varphi_1/360$ )。

4)  $P_0$  位置和  $P_2$  位置之间的夹角  $\varphi_2$  所对应的光码脉冲数即是计数器 2# 通道的比较值 2 ( $COMP VALUE 2 = 1024\varphi_2/360$ )。

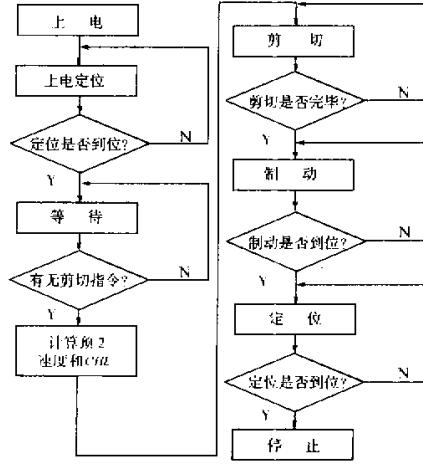


图 3 剪刃位置控制逻辑框图

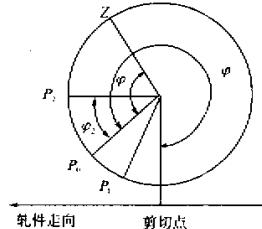


图 4 剪刃运动位置图

当飞剪开始剪切启动时, 计数器 2# 通道也同时启动, 对和剪刃同轴安装的位置环光码的输出脉冲从零开始正向累加计数。当剪刃顺时针正向通过 ZERO 脉冲位置时, 计数器 2# 通道的计数值为预置值。剪刃在到达剪切位置之前已经达到剪切速度 (1.03 v 或 0.97 v), 并在匀速转动过程中经过剪切点对轧件进行剪切。之后, 剪刃继续匀速运行到达  $P_1$  点时, 计数器 2# 通道的计数值等于比较值 1。此时计数器对 PLC 发出中断, PLC 中断并且计算出飞剪制动速度 (飞剪电机额定转速的 -30%) 传送到飞剪传动装置, 飞剪开始制动。由于惯性的作用, 飞剪剪刃继续顺时针转过  $P_0$  位、 $P_2$  位和 ZERO 脉冲位后再运行一小段距离后 (应不超过剪切点, 否则重新设置、增加飞剪的制动速度或重新确定  $\varphi_1$ ) 速度降为零且开始反向 (逆时针) 运转, 计数器 2# 通道亦从当前计数值开始减计数。当剪刃逆时针转到 ZERO 脉冲位置时,

计数器 2# 通道的计数值正好等于预置值。剪刃继续以-30% 的额定速度由 ZERO 脉冲位向  $P_2$  位置转动, 计数器 2# 通道的计数值从预置值减计数。当计数器 2# 通道的计数值等于比较值 2 时, 剪刃正好运行到  $P_2$  点, 此时计数器又对 PLC 发出中断。PLC 中断, 并且计算出制动爬行速度(飞剪电机额定转速的-5%)传送到飞剪传动装置, 飞剪开始以爬行速度向  $P_0$  位置爬行, 计数器 2# 通道继续减计数。当计数器 2# 通道的计数值等于零时, 剪刃正好爬行到达停止位置( $P_0$  位置)。此时计数器再次对 PLC 发出中断, PLC 中断, 并且将零速度值传送到飞剪传动装置, 飞剪停车, 为下一次剪切作好准备。

## 5 系统实施中的几个具体问题

1) 当飞剪静止时, 由于轧钢过程中的设备振动以及传输线路中的干扰, 使得光电编码器输出脉冲信号偶有扰动。造成位置检测的偏差。为此, 在程序中当飞剪处于停止位时, 封锁计数器的脉冲输入信号, 从而很好地解决了信号扰动问题。

2) 由于飞剪剪切速度不同时, 其机械惯性大小不同, 本控制系统根据剪切速度的大小自动决定开始制动的位置( $P_1$  位、 $P_2$  位), 从根本上消除了连剪现象。

3) 在飞剪每次返回停止位时, 由于惯性作用, 可能要稍稍偏移停止位, 控制程序要求能自动对剪刃从  $P_0$  位到剪切点之间的弧度  $K$  进行补偿校正, 为轧件头尾精确剪切奠定基础。

## 6 结束语

纵观其他启停式飞剪的控制系统, 对剪刃位置的检测或采用智能仪表, 或采用多个接近开关。而我们这一套由 S7-400PLC、FM450-1 高速计数器模块和光电编码器所构成的位置环控制系统把一些需要由硬件完成的工作用软件的方法实现。对剪刃位置进行检测、控制。该方法具有剪刃位置控制精度高, 并且可以精确、灵活地设定轧件剪切长度, 编程及修改调试方便, 外接线少, 不占用系统输入点的优点, 不失为一种简捷可靠的好方法。

### 参考文献

- 1 西门子公司. S7-400 PLC 用户手册. 1998
- 2 西门子公司. FM450-1 高速计数器用户手册. 1998
- 3 北京 ABB 公司. DCS500B 直流传动装置硬件手册. 1997
- 4 北京 ABB 公司. DCS500B 直流传动装置软件手册. 1997
- 5 陈军. 攀钢线材厂飞剪电机功率的选择. 电气资讯, 1999, (12)

收稿日期: 2000-12-07

修改稿日期: 2001-01-04

## 自监控触点块提高了电子控制停止操作器(E-Stop)的可靠性

新型 Bulletin 800T 和 Bulletin 800E 自监控触点块是为提高电子控制停止操作器(E-Stop)在关键性过程控制应用场合的可靠性而设计的, 它们能够监控自己是否被正确地安装在电子控制停止操作器(E-Stop)上。

“自监控触点块专为特别注意安全的用户所设计, 在这些用户的应用场合中, 如果标准的常闭触点从电子控制停止操作器(E-Stop)断开, 则可能会引发潜在的危险情况发生, 自监控触点块就可以用来阻止这类危险情况的发生。”罗克韦尔自动化的产品经理 Russ Janowski 说道。

标准的常闭触点常常被用在电子控制停止操作器(E-Stop)中, 由于安装错误, 损坏或振动过大等原因所引起的触点块从电子控制停止操作器(E-Stop)断开的情况可能监测不到。那么, 受控的过程将继续运行, 而电子控制停止操作器(E-Stop)将不能在紧急情况下切断控制过程。

专利性的 Bulletin 800T 和 Bulletin 800E 自监控触点块包括一个监控电路, 如果电子控制停止操作器(E-Stop)断开, 则监控电路会自动打开, 随后关闭受控的过程, 这就保证了电子控制停止操作器(E-Stop)始终能够动作。

自监控触点块的另外一个安全特性是它的 IPX2 保护, 可以使用户能用手触到接线臂, 但是不会让手指碰到触点触电。其它的特性有采用了黄色编码, 易于辨认, 接线臂采用 IEC 风格的标记标出。

(罗克韦尔自动化 供稿)