

液压轧钢机自动厚度 反馈控制系统设计

张 宗 欣

(电子工程系)

摘 要

本厚度控制系统是由测量轧机出口厚度的变化, 並以此进行反馈控制。这种控制可以对出口厚度进行全程校正, 使其保持良好的通带精度。本系统已应用于300mm和500mm四辊液压轧钢机上。

一、概 述

可逆液压机出口厚度不仅和辊缝大小, 而且和张力、轧制速度、材质、入口厚度、温度等许多因素有关, 因此, 依靠设定辊缝是无法瞄准出口厚度目标尺寸的, 目前, 一般老式轨机上依靠熟练工人目测出口厚度偏差指示值, 及时反复调节压下量。又由于出口测厚仪和轧辊压下位置间有一段距离, 测厚仪的指示值对压下具有时间上的迟后, 每次重调压下量后, 必须等待一段时间才能判断。显然目测调整法既不能准确锁定出口厚度, 在轧制过程中更不能适时修正, 因而轧制产品精度低, 废品率高, 无法满足现代工业对精密带材的迫切需求。

厚度监控系统是针对上述缺点而设计的, 它能自动准确地锁定出口厚度, 並能在轧制过程中适时修正漂移性偏差, 从而提高轧机的消差能力, 实现出口厚度自动修正。

监控系统配合主压下系统工作过程概述如下: 当压下完成后, 等待压下点传递到测厚仪时(t_{off} 时间)对结果厚度进行采样, 判断是否超过允许的误差范围, 可能①超厚, ②超薄, ③合适。当超厚时, 必须进行修正, 加强压下, 其压下量 $\Delta S = \xi \cdot \Delta h$, ξ 值称为监控压下率, 和轧机刚度 k , 材料塑性系数 m 有关, 本系统设计为可调值(0.8—10), 当修正时间 t_o 过后, 又进入等待时间, t_{off} 结束后, 再次对厚度进行采样, 这样周而复始地运行, 达到自动监控的目的, 超薄时的修正过程类似, 只是减少压下而不是加强压下, 如果偏差在允许范围内, 则不进行修正, 立即进行下一次的采样过程。根据监控运行过程和主压下位置闭环系统的结构, 监控系统由下述几部分组成: ①HSP, HOST, $|\Delta h|$ 产生电路; ② t_o 发生器; ③ t_{off} 计数器; ④修正计数器及A/D转换器。

本文1986年2月26日收到。

二、设 计

1. HSP, HOST, 和 $|\Delta h|$ 产生电路

根据工艺要求, 设计允许误差范围为 $\delta = \pm 20\mu\text{m}$, 连续可调, 当厚差在允许范围之内时, 即 $-\delta < \Delta h < +\delta$ 时, $HSP = "0"$, $HOST = "0"$, 而当超厚时, 即 $\Delta h > +\delta$, 则 $HSP = "1"$, $HOST = "0"$, 超薄时, 即 $\Delta h < -\delta$, 则 $HSP = "0"$, $HOST = "1"$. 图 1 即能满足上述要求并提供 $|\Delta h|$ 输出. 从图 1 可见, 不论 Δh 为正或负, $|\Delta h|$ 输出均为正, 即输出为其输入的绝对值.

因此, 对出口侧测厚仪采样即是检测 HSP 和 $HOST$ 的电平, 根据其状态, 就可判断误差情况.

2. t_{00} 时间电路

t_{00} 指当采样厚度超差时, 修正计数器对定频脉冲进行计数所需的时间, 显然, t_{00} 必须在 t_{off} 结束后才能开始, 设 t_{off} 结束后, 信号 $L = "1"$ (指 t_{off} 计数值 $\geq N_0$ 时, $L = "1"$), 则根据 L , HSP , $HOST$ 可判断是对修正计数器计数 (t_{00}) 或是立即对 t_{off} 计数器重新计数, 其间逻辑关系如表 1.

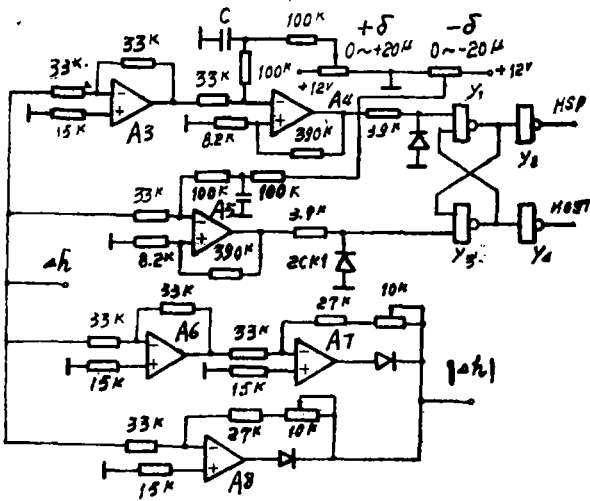


图1 HSP、HOST、 $|\Delta h|$ 产生电路图

表 1

L	HSP	HOST	D
0	*	*	0
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	不存在

* 为 "0" "1" 任意状态.

$$D = L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} + L \cdot HSP \cdot \overline{HOST}$$
$$= L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} + L \cdot HSP \cdot \overline{HOST}$$

当 $D = "1"$ 时, 表示有超差, t_{00} 开始计时, $D = "0"$ 表示无超差, 立即对 t_{off} 计数

器复“0”，重新开始计数，其电路组成见系统图中相应部分。 t_{on} 大小和偏差值 $|\Delta h|$ 及监控调正率 ξ 成比例关系，其电路组成如图2所示。

在 t_{off} 期间或无超差时 $D=$ “0”($\bar{D}=$ “1”)，继电器吸合， A_1 归零，而 $|\Delta h|$ 为正值， A_2 输出为负最大值， y_1 输入为“0”则 $u=$ “1”，当 $D=$ “1”，继电器释放， A_1 对 u_1 电压进行积分，当 A_1 输出的积分负电压下降到一定值时， A_2 输出由负最大变为正最大， y_1 由“0”变为“1”， u 由“1”变为“0”，这段积分时间即为 t_{on} 时间，虽然 A_2 具有继电特性，但当输出为负最大时，反馈到同相端的电压仅为 -35mv ，所以近似取 $u_a=0$ 时为 A_2 的翻转电平，则可列出下列方程：

$$\frac{-u_{sc}-u_a}{R_7} = \frac{|\Delta h|-u_a}{R_{12}} = 0 \quad (1)$$

$$u_{sc} = u_1 \cdot t/T = u_1 \cdot t/R_{15} \cdot C \quad (2)$$

当 $u_a=0$ ，则式(1)变为

$$u_{sc} = \frac{68k}{100k} \cdot |\Delta h| = 0.68 |\Delta h|$$

当 $t=t_{on}$ 时，式(2)变为

$$t_{on} = u_{sc} \cdot R_{15} \cdot C / u_1$$

将 u_{sc} 用 $|\Delta h|$ 表示，则有

$$t_{on} = 0.3 \cdot \frac{|\Delta h|}{u_1}$$

其中 u_1 可用以代表 ξ 值的大小，令 $\xi = \frac{1}{u_1}$ （操作台按此式进行刻度），则

$$t_{on} = 0.3 \xi |\Delta h|$$

考虑到主压下位置闭环系统中位移灵敏度为 $1\text{mv}/1\mu\text{m}$ ，而测厚仪灵敏度为 $0.1\text{v}/\mu\text{m}$ ，设当 $u_1=10\text{v}$ 时对应 $\xi=1$ ，而修正计数器D/A转换灵敏度为 $1\text{mv}/\text{脉冲}$ ，故当 $\Delta h=1\mu\text{m}$ 时， $t_{on}=0.3 \cdot \frac{|\Delta h|}{u_1} = 0.3 \times 0.1/10 = 0.003$ 秒，修正计数器输入的固定频率 $f = \frac{1}{t_{on}} = 333\text{Hz}$ 。

对于 A_2 的继电特性，近似计算可证明允许误差范围设定误差为 $2\mu\text{m}$ ，这是允许的。

3. t_{off} 计数器设计

等待时间 t_{off} ，由计数器对安装在出口侧导向辊上的光电脉冲发生器进行计数的办法来实现，在带钢和导向辊不滑动的条件下，计数器的计数值如实反映了带钢的传递距离，取脉冲发生器每转产生100个脉冲，则当计数值 $N \geq \frac{L}{\pi D} \times 100$ （式中， L 为测厚仪安装距离， D

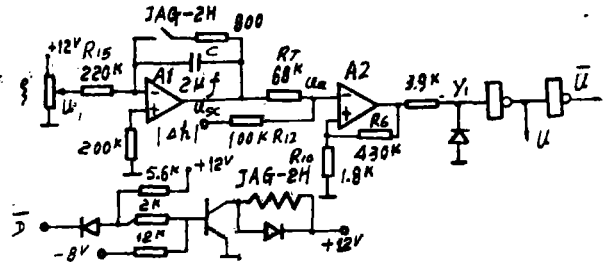


图2 t_{on} 电路图

为导向辊直径)，表明经压下修正后的带钢已传递到测厚仪处，即 t_{off} 时间到。令信号 $L = "1"$ 。

计数器容量 C 可根据工艺参数及主压下和测厚仪响应时间 T 计算：

$$C \geq \frac{L}{\pi D} 100 + T \cdot V_{\max} \cdot \frac{1}{\pi D} \times 100$$

当 $L = 1.5\text{m}$ ， $T = 0.06\text{s}$ ， $V_{\max} = 4\text{m/s}$ ， $D = 0.2\text{m}$ ，则 $C \geq 276 = 2^8 + 2^4 + 2^2$ 。

计数是单方向的，考虑和修正计数器一致，选用二进制可逆计数器 $C184$ 三位组成，考虑留有余量，故由 2^7 和 2^8 引出信号组成控制讯号 L

$$L = 2^7 \cdot 2^8 = \overline{2^7} \cdot 2^8$$

计数器的复“0”，包含手动复“0”和自动复“0”，手动复“0”由手动指令 f 控制，而自动复“0”根据 L ， HSP ， $HOST$ 和 u 信号控制，其真值表如表 2 所示。

表2 C_{r1} 逻辑真值表

L	HSP	HOST	u	C_{r1}
0	•	•	•	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0
1	1	1	0	不存在
1	1	1	1	不存在

由真值表可列出下列逻辑表达式

$$C_{r1} = L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \overline{u} + L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot u \\ + L \cdot \overline{HSP} \cdot HOST \overline{u} + L \cdot HSP \cdot \overline{HOST} \cdot \overline{u}$$

经化简并转换为与非门标准形式可得

$$C_{r1} = L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot \overline{u} \cdot L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot u \cdot L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot u$$

考虑到手动复“0”信号 f 和 C_{r1} 具有“或”的关系，则

$$C_r = C_{r1} + f = \overline{C_{r1}} \cdot f \\ = L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot \overline{u} \cdot L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot u \cdot L \cdot \overline{HSP} \cdot \overline{HOST} \cdot u \cdot f$$

其电路图参考系统原理图相应部分。其中 y_1 代表无超差时马上复“0”，条件是 $L = "1"$ ， $\overline{HSP} = "1"$ ， $\overline{HOST} = "1"$ 。 f 代表手动复“0”，当 $f = "1"$ 时复“0”。 y_2 ， y_3 代表超厚，超薄时的情况，此时必有 $HOST$ ， \overline{HSP} 为“1”，或 $\overline{HOST} \cdot HSP$ 为 1，当 $\overline{u} = "1"$ 时，必有 y_2 或 y_3 为“0”，则 $C_r = "1"$ 。

计数器的 CP_- 和 CP_+ 由下面逻辑控制：

- (1) 当 $L = "0"$ 才能计数， $L = "1"$ 为计数值保持状态，不能计数。

(2) 主压下完成后(即上压下给定值和显示值相符时)由主压下提供的控制信号 $\bar{R} = "1"$ 时才能计数。

(3) 当轧制速度达到稳速时, 由主传动提供的控制信号 $n = "1"$ 时才能计数。

满足上述条件后, 光电脉冲 MD 才能进入 CP_+ 端, 而 CP_- 端为 "1", 故

$$CP_- = L \cdot n \cdot \bar{R} = \bar{L} \cdot n \cdot \bar{R}$$

电路图见系统图中相应部分, 计数器的 \overline{PE} 端接正电源, 而 A 、 B 、 C 、 D 均接地。

4. 修正计数器及 D/A 的设计

当 t_{off} 结束 ($L = "1"$), 如果测厚仪信号超厚或超薄, 则根据厚度偏差大小 $|\Delta h|$ 和 ξ 值, 开始计算 t_{on} 时间, 在 t_{on} 时间内, 由修正计数器对一固定频率 (333HZ) 进行计数, 并经 D/A 转换器输出模拟信号, 输入主压下位置闭环系统中, 对主压下量进行修正。

对修正计数器不仅要求能根据控制讯号自动进行计数, 而且具有手动修正的功能, 在操作台上有自动和手动转换开关, 在手动位置上有 "压" 和 "抬" 两个操作按钮。

在自动位置上, 手动操作不产生任何影响, 而在手动位置上, 修正计数器仅由手动操作按钮 "压" 和 "抬" 控制, 自动时输入频率 $MF = 333\text{HZ}$, 而手动时计数频率 $mf = 20\text{HZ}$ 。

根据轧制过程中可能修正的最大量约为 1—2 m/m, 故选用 3 块 C184 二进制可逆计数器组成修正计数器 ($2^0 - 2^{11}$), 其 C 端由操作台按钮控制, \overline{PE} 端接正电源, A 、 B 、 C 、 D 端均接地。而 CP_+ 和 CP_- 端由下列逻辑控制, 在自动时的真值表如表 3 所示。

表3. 自动时 CP'_+ 、 CP'_- 逻辑真值表

L	HSP	HOST	u	CP'_+	CP'_-	备 注
0	•	•	•	0	0	
1	0	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	0	
1	0	1	0	0	0	
1	0	1	1	1	1	减 计 数
1	1	0	0	0	0	
1	1	0	1	1	1	加 计 数

由表 3 可列出 $CP'_+ = "1"$ 的表达式为

$$CP'_+ = L \cdot \bar{HSP} \cdot \bar{HOST} \cdot u = L \cdot \bar{HSP} \cdot \bar{HOST} \cdot u$$

而 $CP'_- = "1"$ 的表达式为

$$CP'_- = L \cdot HSP \cdot \bar{HOST} \cdot u = L \cdot HSP \cdot \bar{HOST} \cdot u$$

考虑到脉冲的相应输入, 自动修正时的电路图如系统图中 CP'_+ 和 CP'_- 左侧部分所示。

考虑到手动控制的功能, 在其右侧分别加有四个与非门, 为了满足互不干扰的条件, 要求在自动时 $y_1 = "1"$, $y_5 = "1"$, $y_6 = "1"$, 则手动时对自动无影响, $CP'_+ = CP_+$, $CP'_- = CP_-$, 而在手动时必须 $y_1 = "0"$, 切断自动部分, 此时, $y_3 = "1"$, $y_4 = "1"$, CP_+ 和 CP_- 由 y_5 , y_6 决定, y_5 和 y_6 和操作按钮 "压", "抬" 的关系是:

- (1) “抬”和“压”均不按时, $y_5 = "1"$, $y_6 = "1"$, $CP_+ = "0"$, $CP_- = "0"$ 。
- (2) 按下“压”时, $y_6 = "0"$, 则 $CP_- = "1"$, 20HZ脉冲由 y_5 端输入。
- (3) 按下“抬”时, $y_5 = "0"$, 则 $CP_+ = "1"$, 脉冲由 y_6 输入。 y_5 , y_6 的前面部分电路图即能满足手动的要求。

图中还有 $|2^{10}|$ 的控制信号, 是为了限制最大修正量在 1m/m 左右, 以免计数器溢出, 损坏轧机。修正计数器是可逆的, 超厚时进行加法计数, 超薄时进行减法计数, 采用 C660 异或门组成原反码变换装置, 当计数值为正时, 符号位 (2^{11}) 为 “0”, 取原码, 当计数值为负时, 符号位为 “1”, 取反码, 因而 C660 的输出为绝对值, 此绝对值经由 BMK4 精密模拟开关和双 T 电阻网络组成的 D/A 转换器变换输出, 而模拟输出的符号由符号位控制。D/A 转换器由 11 位二进制组成, 灵敏度为 1mv , 最大输出 $\pm 2\text{v}$, 供给主压下闭环系统。

监控系统中所有操作台和控制柜之间的联络讯号均通过光电耦合器隔离, 以提高抗干扰能力。监控系统电原理图如图 3 所示。

三、结 果

本系统是 AGC 系统的重要组成部分, 已于 1983 年成功地应用于某 300m/m 四辊液压轧机上, 实验证明, 该系统准确地锁定出口厚度, 并能适时修正轧制过程中的厚度偏差, 从而大大提高了产品精度。该轧机已于 1983 年通过了国家鉴定, 并已获机械部科技成果一等奖及其它奖励, 目前正推广应用于某 500m/m 四辊液压轧机上。该系统对设计新型轧机或改造传统的电动压下轧机都具有实际价值。

The Design of A Feedback Thickness Control System in the Hydraulic Mill

Zhang Zongxin

Abstract

This paper introduces the design of a thickness control system in the hydraulic mill. It is controlled by measuring and feedback the variation of outgoing thickness. It provides a overall calibration to the outgoing thickness and keeps a Long-span accuracy. It has been applied to the 300m/m and 500m/m four roll hydraulic mill.

