

500m/m 四辊液压轧钢机微电脑厚度 前馈和反馈控制系统

张 宗 欣

(电子工程系)

摘 要

本文介绍了微电脑控制的500m/m四辊液压轧机厚度前馈和反馈控制系统的原理,硬件和软件框图。

一、概 述

由于液压压下轧机比传转的电动压下轧机具有一系列优点:反应速度快、产品精度高、产品合格率高、轧制速度高、轧机刚性可调,投资低等,引起了世界各国轧钢行业的普遍重视,七十年代随着新型液压元件的开发,自动检测和控制技术的不断发展,使液压轧机发展到一个新水平,目前在轧钢工业上已进入了“液压轧机的时代”。它不仅应用于冷轧机上,而且开始应用于厚板轧机、带材热轧机上,预监控系统是液压轧机厚度自动控制的一门新技术。本文所介绍的控制系统虽然是针对某500m/m四辊液压轧机而设计的,但对程序和参数做些修改后,尚可应用于传统的电动压下轧机上,因此对于设计新型轧机或改造归轧机都具有实际意义。

单机架可逆四辊液压轧机厚度自动控制原理框图如图1所示。

从图1可见,共由五个闭环组成:由校正2反馈构成的位置闭环,由 β 反馈构成的压力校正环,由C反馈构成轧制力弹性变形补偿环,由 ξ 反馈构成的出口厚度监控环和由 ν 反馈构成的入口厚度预控环。另外还有前后两侧同步环(图中未标出)。

位置反馈环称为主环,根据辊缝设定值及位移传感器的反馈值可建立所需的辊缝,当反馈系数取1时(校正2),辊缝设定值和实际辊缝的比值为1:1。本系统中取

本文1986年1月18日收到。

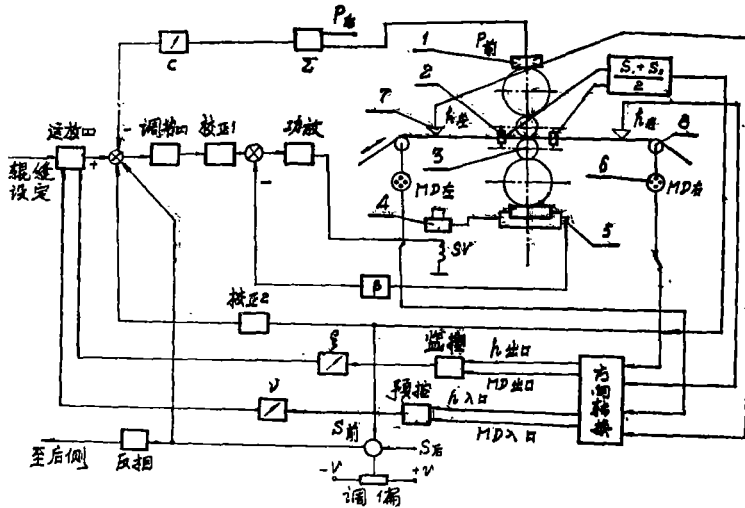


图 1 轧机侧厚度控制原理框图

- | | |
|----------------|------------------|
| 1—测力仪，前后共2个； | 2—位移传感器，前后左右共4只； |
| 3—工作辊，上下2只； | 4—电液伺服阀，前后共2只； |
| 5—压力传感器，前后共2只； | 6—转数脉冲发生器，左右共2只； |
| 7—测厚仪，左右共2只； | 8—导向辊，左右共2只 |

$1 \mu\text{m}/\text{mv}$ ，为了满足位置闭环系统的快速性和稳定性，引进了压力内闭环（ β 环），并在主环中加入校正1和校正2进行系统校正。轧制力弹性变形补偿环（C环）是为了补偿轧制中由于轧制力变化引起轧机弹性变形量变化而产生的厚度波动，实现所谓“恒辊缝轧制”，B值可调范围为 $+1 \sim -10$ 之间，本文介绍的是出口厚度监控环和入口厚度预控环。预控环的功能是采样记录入口厚度的波动函数 $f(t)$ ，经预控装置延时计算后，输出 $v \cdot f(t-\tau)$ ，对压下系统进行调整， $\tau = \frac{L}{V}$ 其中 v 为预控压下率， L 为测厚仪到轧辊压下位置的距离， V 为轧制速度，

从而提高轧机对入口带材波动的消差能力，提高产品精度，提高收得率，而且预控系统的投入对研究新的轧制工艺和研制厚度自动控制新方案都是很有意义的。监控系统功能是准确锁定出口厚度尺寸。由于出口厚度不仅和辊缝大小有关，还受入口带材的厚度和硬度、轧辊热变形，轧制速度、张力、润滑液以及控制系统本身的温漂等影响，因此依靠设定辊缝是无法保证出口厚度的准确尺寸，为此采用监控系统，利用出口测厚仪检测出口侧的厚度偏差，当出口厚度偏差大于设定的死区范围时，根据偏差量对压下装置进行修正，当出口厚度偏差在死区范围内时，不进行修正，从而保证出口厚度的准确定位，而且监控系统对于波动率较低的厚度误差还具有消差能力。本系统是针对国内某500mm四辊液压轧机而研制的，该轧机的有关工艺参数如下：

(1) 轧制速度 $V = 0.2 \text{ M/s} \sim 4 \text{ M/s}$ ；(2) 厚度范围 $0.2 \text{ m/m} \sim 4 \text{ m/m}$ ；(3) 测厚仪到轧辊中心线距离 $L = 1.5 \text{ M}$ ；(4) 导向辊直径 $d = 100 \text{ m/m}$ ；(5) 转数发生器 $MD = 1000$

个/转; (6) 位置闭环压下当量 $1\mu\text{m}/\text{mm}$; (7) 测厚仪灵敏度 $\pm 10\text{V}/\pm 100\mu\text{m}$; (8) 预控压下调整率 $\nu = 0.5 \sim 10$ 连续可调; (9) 监控压下调调整率 $\xi = 0.5 \sim 10$ 连续可调; (10) 可逆轧制。

二、带材轧机出口厚度误差分析

如上所述,影响出口带材精度的因素很多,而且这些因素又互相影响着,但根据变化的快慢性,其基本上可分为周期性的频繁变化和缓慢的漂移性变化两种,对于漂移性变化如:轧辊热变形,电气液压热漂移等引起的辊缝漂移可以通过监控系统进行纠正,而周期性变化主要有①轧机支承辊偏摆引起的辊缝变化,其偏摆幅度和支承辊加工精度、轴承精度以及安装精度有关,摆动频率 $f = \nu/\pi D$, ν 为轧制速度, D 为支承辊直径,一般中小型轧机频率在 $2 \sim 4\text{Hz}$ 左右;②入口带材厚度周期性波动,波动幅度和频率和提供坯料的轧机参数有关,一般带材波动率约为 $2 \sim 6\text{M}$ 。

近年来轧机厚度控制者都致力于实现所谓“恒辊缝轧机”,即利用测压仪的电气信号构成正反馈实现轧机刚性补偿,增强轧机的等效刚度,提高消差能力以保持出口厚度恒定,例如当入口带材偏厚时,轧制力增大,利用轧制力的增量控制辊缝减小以补偿由于轧制力加大,轧机弹跳加大而引起的出口带材偏厚,这种“恒辊缝轧机”确实大大提高了轧机对入口带材的消差能力,但是等效刚度提高后,支承辊的偏摆对出口厚度的影响却变得更为突出(当等效刚度为无穷大时,其影响为 $1:1$),从控制角度看,一方面偏厚(偏薄)的入口厚度使轧制力加大(或减小),必须控制其辊缝减小(或加大),但对支承辊偏摆来说,由于偏摆使辊缝减小(或加大),轧制力加大(或减小),必须控制其辊缝加大(或减小),两者作用恰当为相反,近年来国外开展了用相关分析法从轧制力中分离出偏摆引起的变量和入口厚度波动引起的变量,并分别进行负反馈和正反馈控制。这种装置结构复杂效果也不佳,并没得到广泛应用,而国内出现了将位移传感器安装在上下工作辊相对位置之间的方案(如图1所示),使支承辊偏摆干扰在位置闭环内,由于偏摆频率($2 \sim 4\text{Hz}$)远低于系统的频宽(15Hz),因而偏摆的影响大大减小,但是该系统必须在工作辊之间装有位移检测转换油缸,经在某轧机上实测,该环为一延时环,此延时环对位置闭环的快速性,稳定性都是不利的,另方面系统的扰动易于损坏轧辊,对生产十分不利。

采用厚度预控系统配合轧机本身工作在较软特性下轧制是一种理想的方案,由预控系统提高对入口带材波动的消差能力,而靠软工艺轧制减少支承辊偏摆造成的误差,这样可以轧制出精度高,板型良好的带材,而且采用这种控制方案后,位置检测器可以安装在油缸活塞上,对保护轧辊是有利的。

由轧机 $P-H$ 图可导出下列方程式

$$\Delta h = \frac{m}{K+m} \cdot \Delta H \quad (1)$$

$$\Delta h = \frac{K}{m+K} \cdot \Delta s_0 \quad (2)$$

式中, Δh —出口厚度变化量; ΔH —入口厚度变化量; K —轧机的机械刚度特性斜率; m —带材的变形阻力特性斜率; Δs_0 —辊缝变量。

式(1)表示了入口厚度和出口厚度变量关系, 而式(2)表示了辊缝和出口厚度变量关系, 综合式(1)和式(2)可得: $\Delta s_0 = \frac{m}{K} \cdot \Delta H$, 预控压下率 $\nu = \frac{\Delta s_0}{\Delta H} = \frac{m}{K}$, 而监控压

下率 $\xi = \frac{\Delta s_0}{\Delta h} = \frac{m+K}{K}$, m 值不仅和轧制材质有关, 而且随轧制道次增加而迅速加大。 K 不仅和轧机机械尺寸, 液压参数有关, 在投入刚性补偿后, 还和补偿量 C 值大小有关。因此在实际系统中 ν 和 ξ 设计为可调值, 现场操作中根据材质, 道次等适当选取。

三、微电脑预监控系统(原理图如图 2)

由图 2 可见, 入口侧的厚差信号和 MD 信号经轧制方向转换后输入预控系统, 而出口侧的信号送入监控系统。预控系统在 L 长内共采样 45 点, 用 CTC 1 计数方式对每段的距离

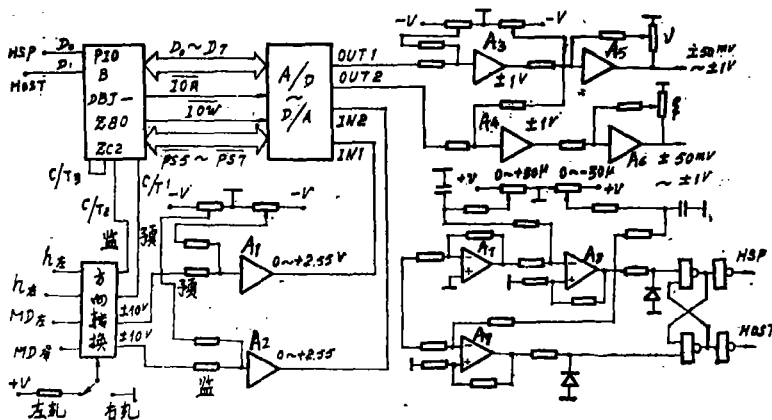


图 2 微机预监控系统原理图

进行计数, 在 CTC 1 每段计数完中断时, 由软件完成采样, 移位和输出功能, 由于测厚仪和压下装置的延时效应, 必须在测点未传送完 L 距离提前发出压下调整信号, 使该点送到压下位置时, 恰好压下装置调整动作已完成, 才能保证准确控制, 因此在每中断 45 次之后, 由 CTC0 和 CTC 1 对轧制速度进行一次测量, 然后根据所测的速度值适时修正 CTC 1 计数状态常数字, 实现对延时效应的修正, 预控压下率 ν , 采用改变运算放大器放大倍数的硬件方法来实现, 便于现场迅速调整。

在监控系统中, 由硬件产生超厚信号 HSP 和超薄信号 HOST, 当压下调整信号发出后, 由 CTC 2 和 CTC 3 对带钢传送距离进行计数, 当计完 L 距离后, 发出中断, 由软件实现 $(T_1 + T_2)$ 的延时 (T_1 、 T_2 分别为测厚仪和压下装置的响应时间)。之后, 由 PIO 对 HSP 和

HOST 进行采样, 判断是否超差, 当超差时 ($HSP = 1$ 或 $HOST = 1$), 对出口厚度进行采样, 并修正压下装置, 无超差时 ($HSP = 0$, $HOST = 0$), 立即重新开始 L 长的计算。同样, 监控压下率由硬件改变运算放大器放大倍数实现, 监控的死区设定范围 $\pm 30\mu m$ 也由硬件实现。

在 L 距离内, 预控系统共中断 4 5 次, 而监控系统只中断一次, 因此监控中断将多次被预控中断所中断, 这由 CTC 1 和 CTC 3 的中断优先链所实现, 而速度子程序优先级最高 (CTC0) 程序框图如图 3 所示。

单板机采用 DBJ—Z80 及相应的 A/D—D/A 板, 程序表略。

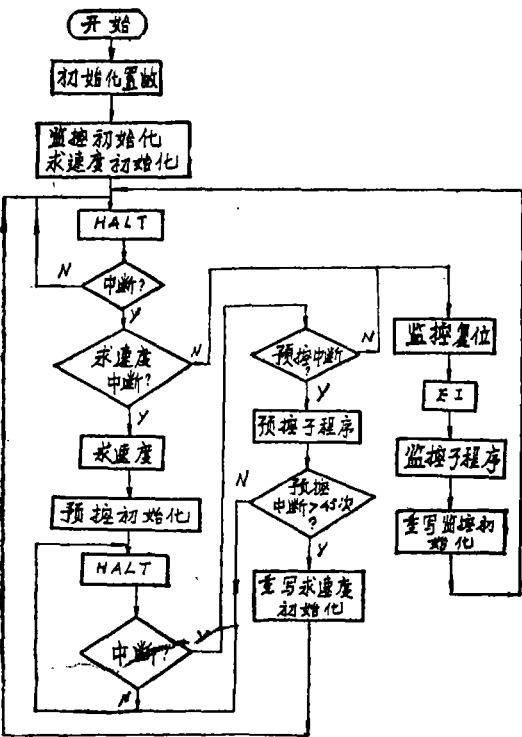


图 3 轧机预监控程序框图

参 考 文 献

〔1〕周明德, 微型计算机硬件软件及其应用, 清华大学出版社, (1984)。
〔2〕张宗欣, 液压轧机厚控系统中若干问题的探讨, 重型机械, 11 (1980)。

A Computerized Thickness Control System in the 500m/m Four Roll Hydraulic Mill

Zhang Zongxin

Abstract

This paper introduces a feedforward and feedback control system, controlled by a microcomputer, in the 500m/m four roll hydraulic mill. It gives an overall account on the principle, hardware and software flowchart of this control system.