

# 液压自动辊缝控制技术在 3340 中厚板轧机中的应用

刘文斌

## The Application of Hydraulic AGC in 3340 Medium and Heavy Plate Mill

Liu Wen-bin

(北京首钢总公司热连轧厂(筹),北京市石景山 100043 电话(010)88291544)

**摘 要:**介绍了首钢中厚板轧机 3340 mm 四辊轧机液压 AGC 系统的工作原理、控制策略和使用情况及存在的问题。

**关键词:**中厚板轧机 液压 AGC 技术 四辊精轧机

中图分类号:TH137.9 文献标识码:B 文章编号:1000-485X(2001)08-0040-03

### 1 前言

首钢 3340 mm 四辊轧机于 1987 年建成投产。主要设备是从国外引进的二手设备,投产后经多次工艺设备强化改造,形成了 2h + 4h 双机架中厚板生产线。但 3340 mm 四辊精轧机属 20 世纪 50 年代水平,轧制厚度控制靠人工控制,压下为电动压下,开环控制,不能带载进行动态调节,厚度控制精度低。此外,粗轧机为二辊轧机,完全依靠人工控制操作。因此改造 3340 mm 四辊精轧机压下系统,以提高四辊精轧机的控制水平和板材的厚度控制精度。

3340 mm 四辊精轧机压下系统改造是在现有轧机上增加液压压下系统,原有的电动压下系统不动,但增加了数字逻辑控制功能,并由计算机输入模拟电压控

制电机的正反转。控制系统采用二级计算机系统,即过程计算机系统和基础自动化系统,过程机负责高精度的设定计算,基础自动化负责高响应的 AGC 和 APC 闭环控制。

### 2 液压 AGC 系统的介绍

首钢 3340 mm 四辊精轧机液压 AGC 系统由液压系统、检测仪表和电控系统组成。下面介绍液压系统组成的有关情况。

#### 2.1 液压系统主要技术参数

收稿日期:2001-03-09

作者简介:刘文斌(1964—),男,安徽无为人,工程师,硕士研究生,从事板带轧机厚度控制方面的研究工作。

4) 地震模拟台 可用来模拟或再现地震情况,用于对房屋、桥梁等建筑模型进行震动试验,也可用于防震教育、地震体验及地震时自救训练。

5) 动感电影院及时空穿梭机 动感电影院顾名思义就是当您坐在电影院的座椅看电影时,座椅会随着电影银幕上的情景一起运动,置观众于影视场景之中。例如场景中为一辆过山车在峻险陡峭的山间道路上疾驰,此时观众的座椅也会象过山车一样忽上忽下、忽左忽右、忽前忽后的运动,加上多声道立体声效果,观众就象坐在过山车上穿山越岭,进入惊险刺激的虚拟环境中。时空穿梭机与动感电影院相似,不同的是

屏幕上放的是电视或投影画面,外型多为机舱式,可方便转场移动。

6) 电影特技模拟装置 用于驱动电影道具(如飞机、飞船、摩托车等)的运动,实现高难特技动作画面的拍摄。

7) 其他用途 除了用于模拟动感外,动感模拟装置还可用作驱动平台。在其平台上装设雷达或发射装置,则可对目标进行自动跟踪和瞄准锁定。

以上简要介绍了多自由度电液伺服动感模拟装置及其部分用途,我们希望通过大家的努力,将电液伺服技术运用到更为广泛的领域。

- (1) 液压缸直径 :1000/900 mm ;
- (2) 液压压下速度 空载 2.5 mm/s、带载 5.0 mm/s ;
- (3) 液压缸最大工作行程 :25 mm ;
- (4) 液压站的工作介质 :N46 抗磨液压油 ;
- (5) 油源压力 30 MPa ;
- (6) 电液伺服阀型号及参数 :MOOG72 - 383 ,流量 227.1 L/min ,系统工作压力 35 MPa ,每个线圈的内阻为 80  $\Omega$  ,并联运行时额定电流为 40 mA ;
- (7) 最大轧制力 34 MN ;
- (8) HAPC 定位精度 0.01 mm ;
- (9) 压下相应时间 :40 ms ;
- (10) APC 闭环相应频率 :10 Hz。

## 2.2 压下控制系统

压下系统由 2 部分组成。一部分是轧前的辊缝预置系统。这是一个电动/液压混合压下位置控制系统 ,由压下电机和液压伺服系统联合驱动调节。另一部分为轧制过程中的板厚控制系统 ,这是一个液压伺服系统 ,称为液压 AGC。轧机的电动/液压混合 APC 和液压 AGC 的构成如图 1 所示。压下控制是通过 S7 - 400 可编程控制器来实现的。当出钢机将板坯从加热炉中取出时 ,过程计算机根据预先键入的轧制目标尺寸计算各道次的辊缝设定值 ,向 S7 - 400 发出控制指令 ,对轧机进行 APC 控制。当板坯进入辊缝时 ,由 S7 - 400 对板坯进行 AGC 控制。

APC 方式为电动和液压联合驱动方式。当实际辊缝值与目标值相差较大时(例如 2000  $\mu\text{m}$  以上) ,采用电动 APC 方式 ;当实际辊缝值与目标值相差较小时(例如 2000  $\mu\text{m}$  以下) ,自动转入液压 APC。当压下量在液压缸设定的有效范围之内时 ,实行全液压压下 ,直

到偏差小于 10  $\mu\text{m}$  以下时 APC 控制停止。以提高辊缝设定的精度。

## 2.3 液压 AGC 的控制策略

AGC 系统设计 2 种工作方式 ,即绝对 AGC 和相对 AGC 方式。绝对 AGC 方式采用每个轧制道次的板厚设定值  $h^*$  为轧机咬钢 200 ms 后的负载辊缝设定值 ,AGC 的控制功能也是在轧机咬钢 200 ms 后参与辊缝调节。相对 AGC 方式 ,就是每个轧制道次的板厚设定值  $h^*$  为轧机咬钢 200 ms 后 ,10 次压力和位移采样后 ,负载辊缝计算值的厚度平均值 ,即  $h^* = (\sum h)/10$ 。且 AGC 的控制功能也在轧机咬钢 200 ms 后参与辊缝调节。

控制运算的基本原则是按公式  $\sigma S = (1 + Q/K_m) \sigma h$  的关系 ,根据此时的厚度偏差  $\sigma h$  ,使压下缸移动相应的  $\sigma S$  以消除此厚度偏差 ,使钢板得到所要求的目标厚度。

实际轧出厚度  $h$  可根据弹跳方程计算得到 ,亦即

$$h = S - S_0 - \frac{p_0}{K_0} + \frac{p}{K_0 \cdot K_b} - \Delta S_0 - \Delta S_T + \Delta S_W$$

式中  $h$ ——实际轧出厚度

$S$ ——压下缸的位置

$S_0$ ——初始辊缝

$p_0$ ——辊缝靠零时轧制压力

$p$ ——实际轧制压力

$K_0$ ——对应辊缝调零时的轧机刚性系数

$K_b$ ——轧件宽度补偿系数

$\Delta S_0$ ——油膜补偿量

$\Delta S_T$ ——轧辊热膨胀补偿量

$\Delta S_W$ ——轧辊磨损补偿量

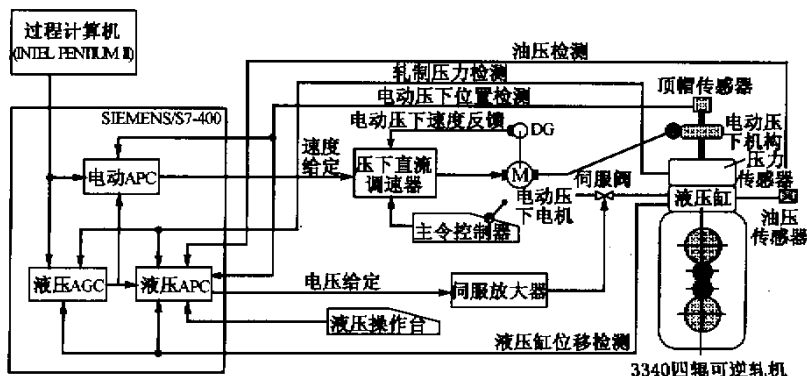


图 1 AGC 和 APC 控制系统构成图

根据上式可以求出实际轧出厚度  $h$ , 并与锁定厚度  $h_0$  比较, 得厚度偏差  $\sigma h = h_0 - h$ , 然后按公式  $\sigma S = (1 + Q/K_m) \sigma h$  关系进行压下调整, 从而实现厚度自动控制。

根据上式, 不论采用何种形式 AGC, 都需要对轴承油膜厚度、轧辊偏心、轧辊热膨胀及磨损、轧件宽度、轧件头部及尾部等进行精确的动态补偿。

为了获得良好的异板差和同板差, 3340 轧机厚度控制方案如下: 在精轧第一和第二道次采用相对 AGC, 以便获得比较准确的厚度信息; 其余的几个道次, 在轧件咬入后, 根据实际轧制力和预报轧制力的偏差程度及对异板差指标和同板差指标的偏重情况, 来决定选择绝对 AGC 或相对 AGC。当偏差在给定的限度内时, 采用绝对 AGC, 以便提高每批料头几块钢的轧制精度, 适应小批量、多品种的要求。

### 3 投产后使用情况及存在的问题

#### 3.1 实际应用效果

液压 AGC 系统改造完成, 投入正常使用后, 轧制了 6 mm、8 mm、10 mm 及 20 mm 四个厚度规格和 1950 mm、2600 mm 两个宽度规格的钢板。在常温状态下, 对钢板的厚度同板差、异板差和板凸度进行了检测。现将液压 AGC 的设计性能指标和实测的性能指标对比列出如表 1 所示。

液压 AGC 系统自投入运行以来, 系统运行稳定, 产品精度和板形质量有了明显的改进, 各项技术指标均达到设计要求。负偏差盈重率 1999 年平均 1.65%, 投入液压 AGC 系统后平均已达到 2.09%; 轧制废品明显减少, 6 ~ 8 mm 钢板的产品成材率比以前提高了 1.74%, 达到 88.96%, 负偏差盈重率和薄规格产品成

材率均创历史最好水平。改造后的 AGC 操作系统, 操作简单, 产品精度高, 受到操作人员的欢迎, 目前已成为生产中不可缺少的手段。

表 1 AGC 的设计性能指标和实测性能指标对比

项 目	单位	设计性能指标	实测性能指标
同板差	mm	$\leq \pm 0.1$	0.044
异板差	mm	$\leq \pm 0.15$	$\leq \pm 0.15$
板凸度	mm	$\leq \pm 0.15$	0.123
HAPC 定位精度	mm	0.01	0.01
APC 闭环 100 $\mu\text{m}$ 阶跃给定达 100% 时间	ms	$\leq 45$	38
APC 闭环 - 3 dB 时的频率	Hz	$\geq 9$	11.87

#### 3.2 存在的问题

采用 AGC 方式轧制, 虽然产品的同板差和异板差控制水平较以前的电动压下手动轧钢有了较大的提高, 但与先进水平相比还有一定的差距, 其原因主要是由于过程控制的数学模型中有关参数需进一步优化; 另外, 四辊轧机机后的激光测厚仪运行不稳定, 有时测定误差较大, 给过程控制系统的自适应计算带来一定的困难, 造成自适应计算不准确, 这些是今后需要解决的问题。

#### 参考文献:

- [1] 孙本荣, 王有铭, 陈瑛. 中厚钢板生产 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993.
- [2] 曹鑫铭. 液压伺服系统 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1991.

### 广告刊户索引

北京机械工业自动化研究所液压元件产品质检中心(广 4)  
北京机械工业自动化研究所液压中心市场部(广 17)  
佛山龙之杰企业有限公司(广 10)  
邯郸复兴区液压件厂(广 10)  
贺尔碧格自动化工业集团(封底)  
华宇科技有限公司(广 3)  
江苏省盐城市马沟液压件厂(广 8)  
派克汉尼汾香港有限公司(广 1)  
瑞士万福乐中国代表处(广 2)  
三相工业器材有限公司(广 12)  
山东宁津县宁美聚氨酯软管有限公司(广 9)

深圳市富特恩实业有限公司(广 11)  
深圳特力得流体系统有限公司(广 16)  
SMC(中国)有限公司(封面)  
温州黎明液压机电厂(广 18)  
无锡 CKD 气动工业有限公司(封 3)  
无锡海天电液伺服技术研究所(广 6、广 7)  
无锡振华机械有限公司(广 13)  
徐州市同宝特种橡胶密封制品厂(广 14)  
盐城市中液液压件有限公司(广 15)  
英德诺曼过滤器(北京)有限公司(封 2)  
中国液压气动密封件工业协会(广 5)