

中厚板精轧液压 AGC 系统的研究与应用

张树海¹, 戚翠芬¹, 侯日斌², 陈五升²

(1. 河北工业职业技术学院, 河北 石家庄 050091;

2. 济南钢铁集团规划设计院, 山东 济南 250101)

摘 要: 济钢中厚板厂与 DEMAG 公司联合研制的液压 AGC 系统, 能够实现液压 APC、绝对值 AGC、相对 AGC 及其它各种补偿功能以及操作侧、传动侧同步控制功能、自动保护等功能, 并且能够完成较高的动态响应。生产运行以来, 液压 AGC 系统稳定、可靠, 实现了 AGC 系统全过程自动控制, 产品质量明显提高。

关键词: 中厚板; 精轧机; 液压; AGC

中图分类号: TG333.7*1 文献标识码: A 文章编号: 1005—6084 (2007) 03—0023—04

THE RESEARCH AND USING OF THE HYDRAULIC AGC SYSTEM IN THE MEDIUM PLATE FINISHING ROLL

ZHANG Shu - hai¹, QI Cui - fen¹, HOU Ri - bing², CHEN Wu - sheng²

(1. Department of Material, Hebei Institute of Vocation & Technology,

Shijiazhuang 050091, China; 2. Planning and Designing Institute,

Jinan Iron & Steel Group Co. Ltd., Jinan 250101, China)

ABSTRACT: To roll the high accuracy product, the medium plate rolling mill JiNan Iron and Steel Company has developed the hydraulic AGC system by the multi - wheels technological exchange and the negotiations with DEMAG Company. The new development hydraulic AGC system, can realize hydraulic APC, absolute value AGC, relative AGC and other each kind of compensatory function, as well as the operation side, transmission side function and so on synchronization control function, automatic protection. And can complete a higher dynamic response. Since actual production, the hydraulic pressure AGC system stable, has been reliable .Has realized the AGC system entire process automatic control. The product quality distinct enhancement brings the huge economic efficiency for the main corporation. Has the higher reference value to other the medium plate rolling mill hydraulic AGC design.

KEY WORDS: medium plate; finishing roll; hydraulic; AGC

收稿日期: 2007—04—12

作者简介: 张树海 (1967—), 男, 副教授, 现于河北工业职业技术学院任教。

济南钢铁集团总公司中厚板厂一期工程于1998年2月试车投产,设计生产规模为40万t/a,生产线工艺设备包括:推钢式加热炉两台,高压水粗除鳞一套,四辊可逆式粗轧机一台,九辊矫直机一台,拉钢式冷床两套,铡刀式横剪两台,铡刀式纵剪两台,收集系统等。

济钢中厚板厂精轧机的建设,被誉为济钢“十五”期间的第一条生命线,为满足高精度产品的轧制,液压AGC作为产品质量的重要控制手段,要求具有较高的控制及执行功能,并且要求稳定可靠的运行。济钢与DEMAG公司联合研制开发的液压AGC系统,能够实现液压APC、绝对值AGC、相对值AGC及其它各种补偿功能、以及操作侧、传动侧同步控制功能、自动保护等功能,并且能够完成较高的动态响应。

1 系统实现的主要功能

精轧机液压AGC系统要求能够实现以下主要功能:

(1) 液压缸的位置自动控制(HAPC)。每个液压缸上对称安装两只高精度位移传感器,操作侧与传动侧均具有相对独立的分别控制的单侧HAPC闭环,定位精度要求达到0.005 mm。

(2) 厚度自动控制(HAGC)。由安装在下支撑辊轴承座下部的压头(或由装在液压缸内的压力传感器)检测轧制力信号并进行反馈,构成基本的厚度计AGC系统。用自适应补偿计算厚度构成厚度反馈。包括:绝对值AGC(轧机咬住钢板头部时钢板的厚度值);相对值AGC(轧制过程中设定的钢板厚度值)。

(3) 调偏控制。

(4) 同步自动控制。根据位移传感器发出的检测信号,液压伺服系统接收计算机发出的指令,实现同步控制。

(5) 轧制状态的判断。

(6) 自动保护功能。自动抬辊;恒压、过压、过压差、超辊缝差及零位的保护与报警,油缸限位的保护与报警;液压站内自动控制与报警;手动及自动泄油功能。

(7) 头尾与温度补偿。

(8) 偏心补偿。

(9) 板宽补偿。

(10) 系统具备模拟和自诊断功能,便于维护和调整。

(11) 计算机自动预压靠清零,自动测试系统的弹性曲线并存储。

(12) 轧制规程的最优化计算、在线自动设定以及轧制规程优化。

(13) 轧制规程在线自学习,轧制数学模型自学习、自适应。

(14) 故障状态的记录。

(15) 轧制过程主要数据的采集,包括:辊缝、压力、辊缝设定值、温度、轧制速度、成品厚差等工艺参数。采集信号可全部存储或选择性存储,可随时按照需要进行打印或现实。

2 功能框图

液压AGC系统的功能框图见图1,过程及模型框架见图2。

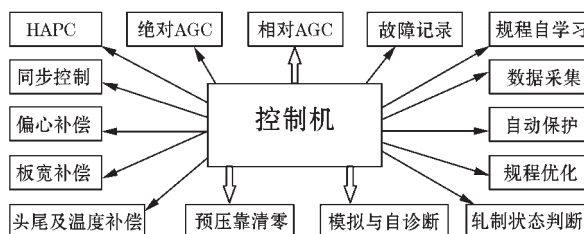


图1 液压AGC系统的功能框图

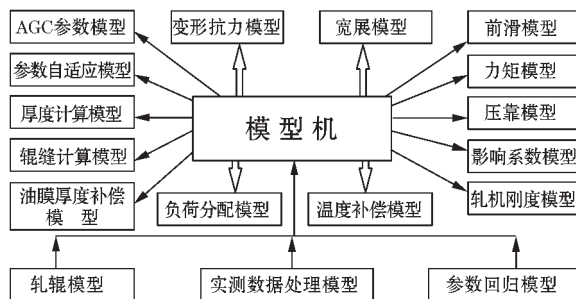


图2 液压AGC系统的过程及模型框架

3 液压AGC油缸及其参数

液压AGC油缸示意图见图3。

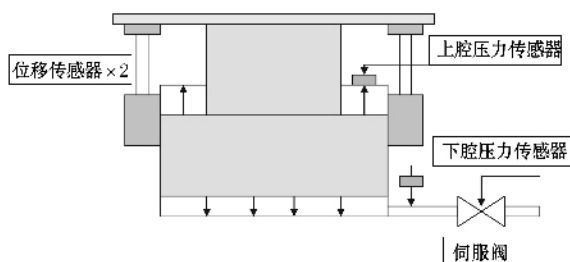


图 3 液压 AGC 油缸示意

油缸主要技术参数:

油缸直径: $\phi 1\,400/\phi 1\,320 \sim 50\text{ mm}$ 。

承受最大轧制力: $4\,500\text{ t} \times 2$ 。

位移传感器: 每只油缸安装两只, 呈 180° 对角安装。其主要目的, 一是检测油缸的倾斜程度, 二是两只传感器的平均值用作位置闭环的反馈值。

测量范围: $0 \sim 50\text{ mm}$; 位置分辨率: 0.0025 mm 。

压力传感器: 油缸上、下腔各装有一只传感器。上腔测量范围 $0 \sim 16\text{ MPa}$, 检测精度最大误差 实测值的 $\pm 0.5\%$; 下腔测量范围 $0 \sim 31.5\text{ MPa}$, 检测精度最大误差 实测值的 $\pm 0.5\%$ 。

液压缸的技术参数:

偏摆 0.5 mm

滞环 位置滞环 0.001 mm

摩擦测试 启动压力 0.025 MPa

爬行速度 空载下, 当 $v = 0.025\text{ mm/s}$ 时, 无爬行现象

耐压值 $1.3 \times 29\text{ MPa} = 37.7\text{ MPa}$

泄漏 无内泄、外泄

4 液压 AGC 系统

液压 AGC 系统示意图见图 4。

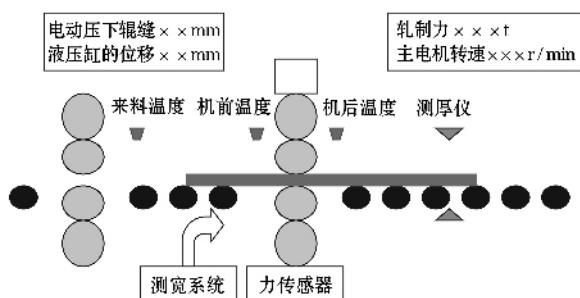


图 4 液压 AGC 系统示意

主要技术参数如下:

位置精度 0.005 mm ;

系统频响: $f - 3d_b = 18\text{ Hz}$ (阀与油缸间连接软管长度 3 m);

0.1 mm 阶跃时间: $t = 25\text{ ms}$ (上升时间);

$40\,000\text{ kN}$ 时, 打开速度 $v = 23.9\text{ mm/s}$; 闭合速度 $v = 23.9\text{ mm/s}$ 。

5 液压系统的主要参数

系统的工作压力(无杆腔) $P = 290\text{ MPa}$

有杆腔的压力 $P = 4 \sim 6\text{ MPa}$

系统的最大瞬时流量 $Q > 1\,800\text{ L/min}$

循环系统工作压力 $P = 1.0\text{ MPa}$

循环系统工作流量 $Q = 500\text{ L/min}$

最大轧制力 $F = 90\,000\text{ kN}$

6 液压系统原理

液压系统控制阀组(主要硬件)见图 5, 液压站油源部分主要硬件配置(并非原理图)见图 6。

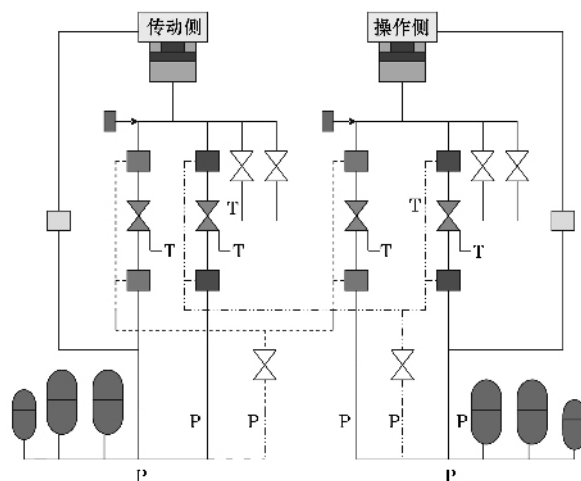


图 5 液压系统控制阀组(主要硬件)

7 解决的重点技术问题

(1) 系统控制模式。每侧由双阀控制, 组成四种工作模式: 分别为: “1+2”, “2+1”, “1”, “2”, 其中 “1+2” 模式与 “1” 模式相比较速度降低值不影响液压 AGC 的调整速度 ($v = 13\text{ mm/s}$)。

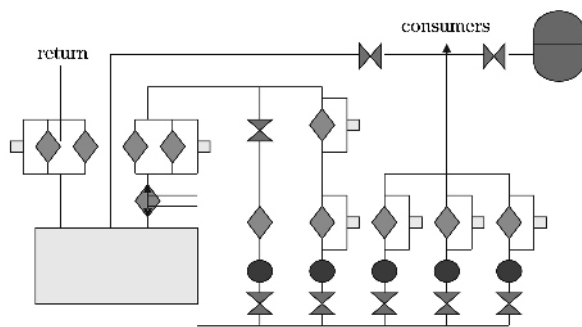


图6 液电站油源部分主要硬件配置
(并非原理图)

(2) AGC缸固有频率的设定。整个AGC系统响应频率主要受AGC缸固有频率的限制,一般要求AGC缸的固有频率至少要达到系统响应频率的2.5倍以上,即AGC缸的设计固有频率 $f \geq 45$ Hz。

(3) 低惯量,高刚性,低摩擦油缸密封材质、形式的选择。为降低系统的启动摩擦力,提高液压缸的响应速度,油缸密封采用PTFE材质,密封型式为“格来圈”。该密封材料为常规聚胺脂密封摩擦力的1%。

(4) 系统调整速度的确定。为满足系统在进行PVPC轧制时对速度的要求,AGC缸的最大调整速度设计值不应低于23.9 mm/s。因此,整个液压系统流量瞬态值必须 $Q \geq 1800$ L/min。

(5) 油缸有杆腔控制参数的确定。AGC缸背压腔设计为两种压力,一种为4 MPa,另一种为6 MPa,采用比例减压进行控制,确保系统调整状态下AGC缸的响应。

(6) 系统油源压力的确定。为保证在较大轧制力下AGC缸能够正常调整(如:60 000 kN),保证系统在较高效率下运行,油源压力设计值应约为负载压力的2/3。

(7) 蓄能器容积的确定。为保证系统的动态响应,在控制阀组前增加合适的蓄能器容积。

(8) 系统调整加速度的确定。为保证系统响应时间,加速度 $a \geq 750$ mm/s²。

(9) 为便于随时监测整个系统的油液污染度,增加了高压侧油液污染度检测口。

(10) 系统冲击的消除。

(11) 系统控制回路过滤器的选择。

8 主要参数的计算

8.1 油缸直径的确定

由公式:

$$A = (1/2P_L) (M \times a + B U + P_n + P_t + P_0 + P_f + P_{top})$$

求得: $A = 15\,370$ cm²

因此油缸直径 $D = 139.927$ cm。

8.2 液压缸初始油柱高度的确定

由公式:

$$L = (x \times A_p / m) (0.2 \sim 0.3 / 2 f_{0.7})$$

求得: $L = 21.5$ mm。

8.3 油源压力的确定

油缸直径确定后即可确定负载的油压 $P_L = F/A = 22.7$ MPa。根据系统效率最大化要求,正常轧制压力按60 000 kN考虑: $P_s = 29$ MPa。

8.4 系统平均流量的确定

由公式: $Q_M = A U_{pm}$, 求得(单缸) $Q_M = 2206.35$ L/min; 系统平均流量 $Q = 4\,412.7$ L/min。

8.5 蓄能器的选择

(1) 做低幅值高频干扰调节状态下系统需释放的流量: $V_w = 94.2$ L/min。

(2) 做大幅值低频调节状态下系统需释放的流量: $V_0 = 4\,591.5$ L/min。

(3) 皮囊蓄能器的总容积: $V_0 = V_w / [(P_0/P_1)^{0.715} - (P_0/P_2)^{0.715}] = 293.26$ (L)。

9 结 语

济钢中厚板精轧机液压AGC系统利用当今液压、计算机领域领先的技术,结合功能齐全的控制软件,较全面的实现了绝对和相对AGC的所有功能,技术可靠、指标先进。生产运行以来,由于压下系统设自动位置控制APC及板厚自动控制压下AGC,可实现轧制状态下调整辊缝和轧辊回松,液压AGC压下速度为29.3 mm/s,保证成品板质量。设备运行安全稳定,产品质量明显提高,成材率由91.2%提高到92%,因此可增加成品板产量1 783 t,每吨成品板与废钢差价为1 125元,可增加纯利润2 229万元,取得了良好的经济效益。