

中板轧机 AGC 液压系统伺服阀运行稳定性研究

李书宇

(河钢集团邯钢公司新区中板厂 056015)

摘要: 中板轧机 AGC 压下液压缸采用 MOOG 公司 D792 系列三级电液伺服控制阀, 伺服阀与液压缸位置传感器、压力传感器采用位置和压力闭环控制。该伺服阀流量大、响应速度快, 对钢板厚度控制精度高, 大大的提高产品厚度控制精度。在生产过程中, 伺服阀频繁出现故障, 更换频率高, 使用寿命低。通过采取改进措施, 有效解决了伺服阀故障, 并延长了伺服阀的使用寿命。

关键词: AGC 液压系统; 电液伺服阀; 故障分析

Study on the Stability of the Servo Valve in the AGC Hydraulic System of the Medium Plate Mill

LI Shuyu

(Hebei Iron&Steel Group Hansteel Medium Plate Plant 056015)

Abstract: The AGC pressure-down hydraulic cylinder adopts MOOG D792 series three-stage electro-hydraulic servo control valve. The servo valve is controlled in a closed loop with position and pressure sensors for the hydraulic cylinder. The servo valve has a large flow rate, fast response speed, and high accuracy in steel plate thickness control, greatly improving the precision of thickness control in production. However, during the producing process, the servo valve frequently malfunctions and has a short service life. Through the implementation of improvement measures, the servo valve failures have been effectively addressed, and the service life of the servo valve has been extended.

Keywords: AGC hydraulic system; electro-hydraulic servo valve; malfunction analysis

1 电液伺服阀简介

中板轧机 AGC 液压系统控制伺服阀, 选用 D792 S80 系列三级电液伺服阀, 该阀额定流量为 800L/min (单边 $\Delta P_n=3.5\text{MPa}$), 最大工作压力 35MPa, 输入信号 $\pm 10\text{mA}$, 响应时间 (从 0 至 100%行程) 4~12ms, 分辨率 $<0.2\%$, 滞环 $<0.5\%$, 零漂 $<2\%$, 总零位泄漏量 $\leq 10\text{L/min}$, 先导阀零位泄漏量 $\leq 6\text{L/min}$ 。

电液伺服阀是伺服液压系统中核心元件, 主要用于液压缸位置和力的闭环控制。它是将微小的电控制信号转换成大功率液压信号的关键元件。电液伺服阀由力矩马达、两级液压放大及机械反馈所组成。其中力矩马达操作第一级喷嘴挡板, 第一级控制第二级即主阀芯两端的压力使该阀芯运动, 主阀芯的运动产生对第一级(先导级) 衔铁挡板组件的反馈运动, 从而达到液压缸位置和力闭环控制, 实现位置和力的精确控制。三级电液伺服阀响应速度快、流量大, 广泛应用于中板轧机 AGC 液压系统中。

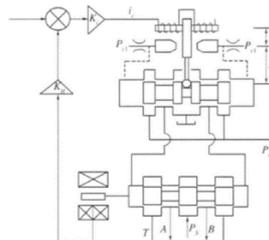


图 1 三级伺服阀结构图

2 轧机 AGC 液压系统控制原理

2.1 轧机 AGC 液压系统构成

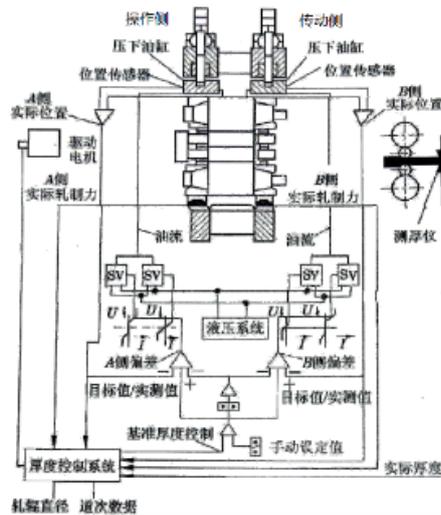


图2 轧机 AGC 液压系统构成

轧机的传动侧与操作侧安装有两台 AGC 液压缸，每个液压缸有单独的液压控制回路，按液压缸给定位置或压力目标值进行控制，保证轧机两侧辊缝平行。轧机 AGC 液压系统由液压缸、伺服阀、位置传感器、压力传感器以及控制电路组成。每个液压缸上安装的两个位置传感器进行实际位置反馈，两个压下位置传感器以 180° 角度方式进行安装，为防止液压缸倾斜而出现测量误差。两个位置传感器所测结果的平均值，传输给位置控制系统的实际位置值。伺服放大器则用于确定实际位置与给定位置的偏差，将偏差信号直接送给伺服阀的功率放大器，经伺服阀去调节流入液压缸的油量，使之增加或减少，以实现压下位置的改变。

2.2 轧机 AGC 液压系统原理图

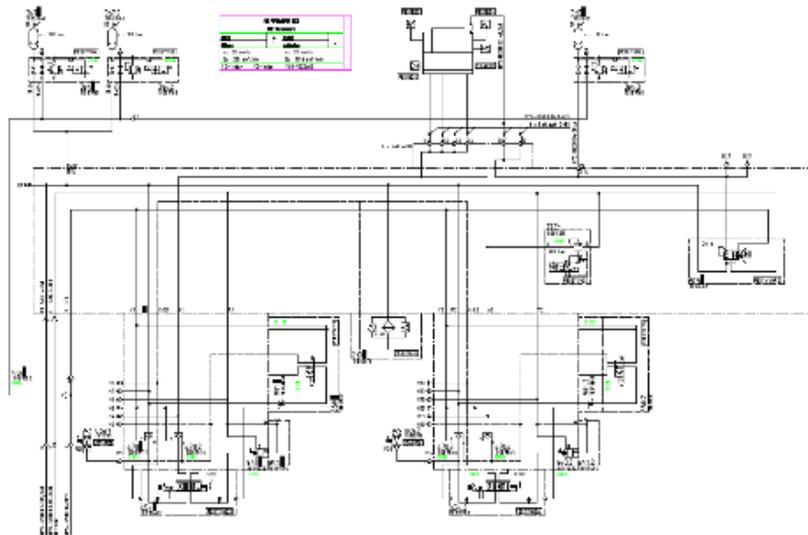


图3 液压阀台原理图

轧机 AGC 液压系统有两个控制阀台，分别安装在操作侧出口和传动侧出口牌坊上。每个阀台上安装有两台伺服阀，分为 A、B 阀，四个伺服阀有八种选择模式，八种组合模式通过 HMI 画面可以进行切换。伺服阀在使用过程中，首选 A+B 或 B+A，如果选用 A+B 模式，A 为主阀，B 从阀，两个伺服阀都投入使用。如果轧机 AGC 液压缸需要大流量泄油或者进油时，主阀流量不足时，从阀动作，如果主阀能够满足使用时，从阀不会投入使用。如果某一个伺服阀出现故障时，可以临时投入单 A、单 B 模式，已保证生产需要。

2.3 伺服阀的流量及先导控制压力计算

伺服阀的实际输出流量与输入的指令电信号和阀的压降有关系，与伺服阀的节流锐边的压降的平方根成正比，如公式所示：

$$Q = Q_N \sqrt{\frac{\Delta P}{\Delta P_N}}$$

Q—计算的负载流量，L/min

Q_N —伺服阀的额定流量，L/min

ΔP —伺服阀的实际压降，MPa

ΔP_N —伺服阀的额定压降，MPa

若要求伺服阀在较大的压降下输出更大的负载流量，则需要使用较大的先导控制压力，以克服液动力。可通过下述公式来选择合适的先导控制压力：

$$P_x \geq 2.5 * 10^{-2} * \frac{Q}{A_k} \sqrt{\Delta P}$$

Q—伺服阀最大负载流量，L/min

ΔP —伺服阀在负载流量 Q 时的压降，MPa

A_k —主阀芯的驱动面积， cm^2

P_x —先导控制压力，MPa

3 轧机 AGC 液压系统伺服阀故障分析及采取措施

双喷嘴挡板式三级电液伺服阀的故障原因有小球磨损、永久磁铁的退磁、阀套密封老化、主阀芯棱边磨损、主阀芯径向磨损、主阀芯卡死卡滞、喷嘴堵塞、节流孔堵塞、内部滤芯堵塞和阀内电子线路等故障。伺服阀发生任意一种故障时，都应更换下机，返回 MOOG 工厂进行修复，该伺服阀国内修理厂无法完成该阀修复，如果是简单的清理或者调零，国内修复厂可以完成。

3.1 位置偏差

一般情况下，轧机位置偏差具有合理范围，一旦超出极限轧机具有联锁功能使其故障停机。大多数引起该故障的原因未传感器故障或传感器信号故障。为保证轧机系统稳定运行，轧机的液压控制系统采用两套独立的伺服阀控制，通过伺服阀切换和 PDA 数据分析，可以判断偏差原因，快速解决处理故障。

3.2 节流孔、喷嘴堵塞故障

电液伺服阀常见的有先导阀喷嘴堵塞、节流孔堵塞、先导阀滤芯堵塞三种。三种故障原因主要是油液污染造成的。中板轧机 AGC 液压系统在改造投产以后，由阀台高压供油管 SAE 法兰根部开裂，在管路切割焊接过程中，大量污染物进入，导致 AGC 系统伺服阀经常出现故障，不能正常投入使用。通过对轧机 AGC 液压系统阀台高压供油管改进，设计一种大通径高压管路减振装置，有效的解决了管路法兰根部开裂问题，延长了伺服阀使用寿命，目前轧机 AGC 液压系统伺服阀使用寿命在 12 个月以上，运行稳定。

3.3 阀芯卡滞故障

主阀芯的卡死、卡滞主要由油液污染引起。主阀芯卡滞时，伺服阀空载流量特性曲线严重畸变，流量增益和压力增益明显下降，滞环增大，导致系统响应降低，迟缓增大，阀的动态性能也明显下降，阀不能正常工作。该故障通过 PDA 趋势可以查找出故障直接原因，通过切换伺服阀可以消除故障原因。

3.4 阀内泄漏量大故障

液压 AGC 伺服阀泄漏故障一般由阀芯和阀套的磨损，导致配合精度降低所引起。在生产过程中，轧机 AGC 伺服阀使用 A+B 或 B+A 模式时，如果主阀或者重阀泄漏量增大时，反应出其中一个伺服阀给定值增大，以保证轧机 AGC 液压缸位置稳定。伺服阀泄漏量大时，伺服阀台会有很大的泄油噪音和系统发热。

3.5 伺服阀阀芯抖动故障

轧机 AGC 液压系统伺服阀在投入使用时，采用位置和伺服阀闭环控制，在位置微小调整时，伺服阀

阀芯会高频抖动，产省嗡嗡的噪音，通过伺服阀 PDA 趋势可以看出，该位置伺服阀阀芯在高频振荡。发生该种故障时，通过调整伺服阀增益函数可以进行消除，降低伺服阀响应速度。

4 结束语

通过对轧机 AGC 液压系统伺服阀的五种故障分析，除了电气部分故障外，其中 90%的故障是由油液污染造成的，所以液压系统油品清洁度控制非常重要，一般伺服液压系统油品清洁度保证在 NAS5 级以上，才能保证伺服阀可靠运行，延长伺服阀使用寿命。在设备维护过程中，通过对液压系统使用过滤器滤芯精度控制和滤芯使用寿命控制等措施，保证伺服液压系统油品清洁度等级，以保证系统稳定运行。

参考文献：

- [1] 杨逢瑜. 电液伺服与电液比例控制技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009.05
- [2] 袁子荣. 液气压传动与控制[D]. 重庆: 重庆大学出版社, 2002.03
- [3] 李昕. 液压 AGC 动力机构设计分析[J]. 一重技术, 2006(6): 16-17