

DOI:10.19344/j. cnki. issn1671-5276.2024.05.038

锅炉蛇形管弯管机液压系统同步性能仿真分析

马昂,王南,刘昱杰

(中国特种设备检测研究院,北京 100029)

摘要:针对锅炉蛇形管弯管机弯管模液压缸在偏载工况下双缸同步精度低的问题,提出一种在原系统中加入分流集流阀的同步控制方案。在对阀工作原理进行分析的基础上,建立阀及其回路 AMESim 仿真模型,通过等负载和偏载两种工况对设计方案进行可行性验证分析。仿真结果表明:所提方案可有效提升弯管模回路同步控制性能,提高双缸同步精度。

关键词:AMESim;分流集流阀;同步精度;蛇形管

中图分类号:TH137 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)05-0180-03

Simulation Analysis of Synchronous Performance of Hydraulic System of Boiler Snake Pipe Bender

MA Ang, WANG Nan, LIU Yujie

(China Special Equipment Inspection and Research Institute, Beijing 100029, China)

Abstract: To improve the low synchronization accuracy of double cylinder hydraulic cylinder in boiler snake pipe bending machine under off-load condition, a synchronization control scheme of adding shunt collecting valve into the original system is proposed. Based on the analysis of the working principle of the valve, the AMESim simulation model of the valve with loop is built, and the feasibility of the design scheme is verified and analyzed under the same load and off-load conditions. The simulation results show that the proposed scheme can effectively enhance the synchronization control performance of the bending mold loop and improve the synchronization accuracy of double cylinder.

Keywords: AMESim; shunt collecting valve; synchronization accuracy; serpentine tube

0 引言

电站锅炉是火力发电最关键的设备之一,其对流受热面部件采用最多的形式为蛇形管结构,如过热器、再热器、省煤器等部件^[1]。此类蛇形管部件在锅炉运行时需承受高温、高压,因此其制造质量对锅炉正常运行及电力的正常供应起着至关重要的作用。

蛇形管弯管机是加工大型电站锅炉蛇形管的关键设备^[2]。传统蛇形管弯管机在加工过程中,通过节流阀来控制弯管模模块中双液压缸的同步性能,结构简单,经济成本低,操作维修方便;但也存在同步精度低的缺点,特别是偏载时系统的同步精度会迅速降低。

为了确保加工质量,降低因弯管模模块中双液压缸的不同步而造成蛇形管表面质量缺陷,产生应力集中引发锅炉运行泄漏、爆管等事故。本文提出一种在原系统中加入分流集流阀的同步控制方案,建立阀及其回路 AMESim 仿真模型,通过等负载和偏载两种工况下对设计方案进行可行性验证分析,所得研究结果对提高同类型产品生产

质量有一定的借鉴意义。

1 分流集流阀工作原理

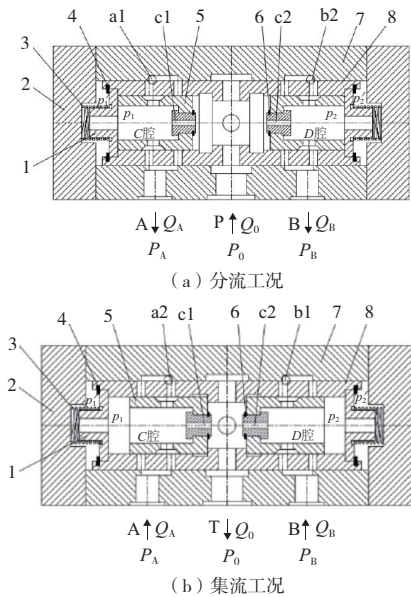
某型号分流集流阀剖面结构如图 1 所示。该型分流集流阀主要由弹簧座、端盖、弹簧、卡簧、换向活塞、阀体、阀芯、固定节流孔和可变节流孔等结构组成^[3]。工作原理主要基于负载压差反馈,工作过程包括分流和集流两个工况,具体工作过程如下。

图 1(a)分流工况:液压油由 P 口流入阀内,经过固定节流孔 c1、c2,可变节流孔 a1、b2,由工作油口 A、B 至执行元件,驱动负载。若 A、B 出口负载相等,则有 $\Delta p_1 = \Delta p_2$, $p_1 = p_2$, $p'_1 = p'_2$, 此时阀芯在正中间,可变节流口 a1 和 b2 通流面积相等, $Q_A = Q_B$; 若 A 出口负载增加,则有 $\Delta p_1 < \Delta p_2$, $p_1 > p_2$, $p'_1 > p'_2$, 此时阀芯在压力差作用下,向右移动。此时可变节流口 a1 通流面积增加,压损降低, b2 通流面积降低,压损增加,直至 $\Delta p_1 = \Delta p_2$, 阀芯重新处于平衡位置,进而使 $Q_A = Q_B$, 达到等量分流的作用。反之亦然。

图 1(b)集流工况:液压油由 A 口、B 口同时

第一作者简介:马昂(1989—)男,河北保定人,工程师,硕士,研究方向为锅炉检验检测,61614851@qq.com。

流入阀内,经过可变节流孔 a2、b1,固定节流孔 c1、c2,汇集后由出口 T 回油箱。若 A、B 出口负载相等,则有 $\Delta p_1 = \Delta p_2, p_1 = p_2, p'_1 = p'_2$, 此时阀芯在正中间,可变节流口 a2 和 b1 通流面积相等, $Q_A = Q_B$;若 A 出口负载增加,则有 $\Delta p_1 > \Delta p_2, p_1 > p_2, p'_1 > p'_2$, 此时阀芯在压力差作用下,向右移动,此时可变节流口 a2 通流面积降低,压损增加, b1 通流面积增加,压损降低,直至 $\Delta p_1 = \Delta p_2$, 阀芯重新处于平衡位置,进而使 $Q_A = Q_B$, 达到等量集流的作用。反之亦然。



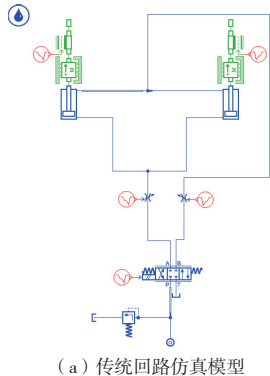
1—弹簧座;2—端盖;3—弹簧;4—卡簧; a1, b2—可变节流孔; 5—换向活塞;6—卡簧二; c1, c2—固定节流孔;7—阀体;8—阀芯。

图 1 分流集流阀剖面结构图

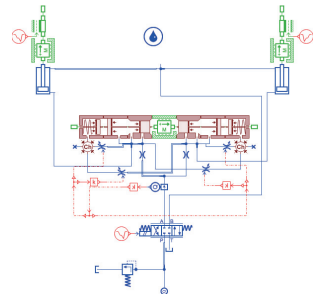
2 AMESim 建模及仿真分析

2.1 模型建立

根据阀的结构及蛇形管弯管机弯管模回路工作原理^[4],利用 AMESim 仿真平台提供的元件设计库平台,搭建传统及改进后蛇形管弯管机弯管模回路仿真模型^[5],如图 2 所示。主要结构参数设置如表 1 所示。



(a) 传统回路仿真模型



(b) 改进回路仿真模型

图 2 蛇形管弯管机弯管模回路仿真模型

表 1 参数设置

模块名称	参数值
弹簧座固定节流孔直径/mm	15
固定节流孔直径/mm	2
可变节流孔直径/mm	4
阀芯质量/kg	0.05
弹簧刚度/(N/mm)	1.5
液压缸直径/mm	50
活塞杆直径/mm	25
活塞质量/kg	10
流量/(L/min)	30

2.2 方案设计仿真验证分析

1) 等负载工况

设定等负载工况如下:支路 1(左)、支路 2(右)液压缸保持负载均为 5 000 N。三位四通换向阀输入信号为-40 mA,换向阀处于右位工作。设定仿真时间为 10 s。图 3—图 4 分别为等负载工况下各系统液压缸流量差和位移差变化曲线。

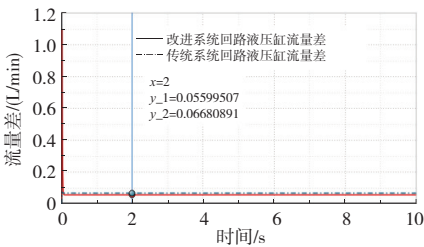


图 3 等负载工况下各系统液压缸流量差变化曲线

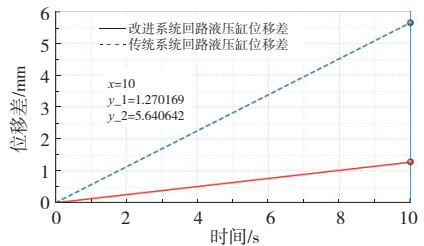


图 4 等负载工况下各系统液压缸位移差变化曲线

仿真结果表明:等负载工况下,传统蛇形管弯管机弯管模回路液压缸的流量偏差为 0.067 L/min,位移偏差为 5.64 mm;改进蛇形管弯管机弯管模回路液压缸的流量偏差为 0.056 L/min,位移偏差为 1.27 mm。将结果代入同步精度误差计算表示式为

$$\sigma = \frac{2(Q_1 - Q_2)}{Q_p} 100\% \quad (1)$$

式中: Q_1 为进入液压缸 1 的流量; Q_2 为进入液压缸 2 的流量; Q_p 为泵出口流量。

求得改进前后蛇形管弯管机弯管模回路同步精度误差分别为 0.45% 和 0.37%。计算结果表明等负载工况下,改进后的蛇形管弯管机弯管模回路的同步精度提高了 0.08 个百分点,位移偏差降低了 4.37 mm。

2) 偏载工况

设定偏载工况如下:支路 1(左)、支路 2(右)液压缸保持负载分别为 5 000 N、5 050 N。三位四通换向阀输入信号为 -40 mA,换向阀处于右位工作。设定仿真时间为 10 s。图 5—图 6 分别为偏载工况下各系统液压缸流量差和位移差变化曲线。

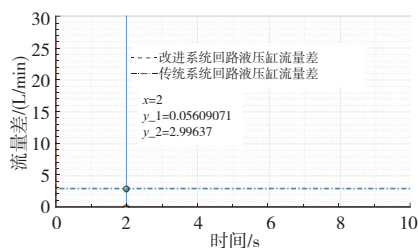


图 5 偏载工况下各系统液压缸流量差变化曲线

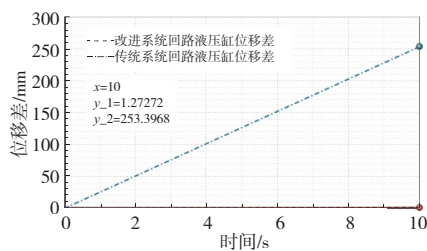


图 6 偏载工况下各系统液压缸位移差变化曲线

仿真结果表明:偏载工况下,传统蛇形管弯管机弯管模回路液压缸的流量偏差为 2.996 L/min,

位移偏差为 253.39 mm;改进蛇形管弯管机弯管模回路液压缸的流量偏差为 0.056 L/min,位移偏差为 1.27 mm。将上述仿真结果代入式(1)求得改进前后蛇形管弯管机弯管模回路同步精度误差分别为 19.97%和0.374%。计算结果表明偏载工况下,改进后的蛇形管弯管机弯管模回路的同步精度较等负载工况时基本一致,但传统蛇形管弯管机弯管模回路同步精度误差迅速上升。

3 结语

本文针对锅炉蛇形管弯管机弯管模液压缸在偏载工况下双缸同步精度低的问题,提出了采用分流集流阀提高系统同步精度的方案,建立了阀及其回路 AMESim 仿真模型,通过等负载和偏载两种工况下对设计方案进行了可行性验证分析。得到如下结论。

1) 等负载工况下,改进后的蛇形管弯管机弯管模回路的同步精度较传统回路提高了 0.08 个百分点,位移偏差降低了 4.37 mm。

2) 偏载工况下,传统蛇形管弯管机弯管模回路同步精度误差迅速上升;而改进后的蛇形管弯管机弯管模回路的同步精度较等负载工况时基本一致,有效解决了传统锅炉蛇形管弯管机弯管模液压缸在偏载工况下双缸同步精度低的问题。

参考文献:

- [1] 常小猛,刘建文,齐鹏. 减少电站锅炉蛇形管部件表面质量缺陷的改进过程[J]. 节能, 2020, 39(5): 42-43.
- [2] 刘昱杰,徐春,胡旭明. 锅炉蛇形管弯管机用减压阀结构优化设计及仿真分析[J]. 机械设计与制造工程, 2022, 51(7): 35-38.
- [3] 罗琴琴. FJL-B10H 型分流集流阀的关键参数分析及其同步精度研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
- [4] 张利平. 现代液压技术应用 220 例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 104-106.
- [5] 付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真: 从入门到精通[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2006: 77-79.

收稿日期: 2023-03-15