



谭建平

文章编号:1003-8728(2006)12-1408-03

## 300MN 模锻水压机操纵系统改造方案研究

谭建平<sup>1</sup>, 周俊峰<sup>1</sup>, 黄长征<sup>2</sup>(<sup>1</sup>中南大学 机电工程学院, 长沙 410083; <sup>2</sup>韶关学院, 韶关 512005)

**摘 要:** 300MN 模锻水压机原有操纵系统操作不便, 控制精度低, 响应速度慢, 可靠性低。针对其机械本体特征及运行要求, 改操作系统控制方式“水控水”为“油控水”方式, 改操纵系统为数字电液伺服控制系统。新增加一油压系统, 由操作手柄、按钮发出控制信号, 通过 PLC 控制油压系统驱动执行油缸, 实现分配器阀的正确动作; 检测凸轮驱动机构的实际位置, 反馈给控制系统, 实现闭环控制, 以实现对水压机的工作过程快速、精确、可靠控制。

**关 键 词:** 水压机; 操纵系统; 改造方案

**中图分类号:** TG315.4 + 2

**文献标识码:** A

## Research on the Reform Program of a 300 MN Die-forging Hydrostatic Press Control System

Tan Jianping<sup>1</sup>, Zhou Junfeng<sup>1</sup>, Huang Changzheng<sup>2</sup>(<sup>1</sup> School of Mechanical and Electrical Engineering, Central South University, Changsha 410083;<sup>2</sup> Shaoguan University, Shaoguan 512005)

**Abstract:** The original control system of a 300 MN die-forging hydrostatic press has inconvenience for operation, low control accuracy, slow response speed and low reliability. Following the characteristics and operation requirements of the press' machine body, the paper puts forward the following reform programs: (1). the water-control-water mode is changed into the oil-control-water mode; (2). the control system is changed into a digital electro-hydraulic servo-control system. A new oil hydrostatic system is added so that its control handles and buttons may send control signals and direct the oil hydrostatic system to drive its executive oil cylinder so as to accomplish the correct actions of distributors' valves. The real positions of its cam mechanism are detected and fed back to the control system, achieving its close-loop control. This realizes the rapid, accurate and reliable control of the working processes of the hydrostatic press.

**Key words:** hydrostatic press; control system; reform program

300MN 模锻水压机是目前亚洲最大的模锻液压机, 是我国国防和基础建设的关键设备<sup>[1]</sup>。现有操纵系统控制方式为“水控水”方式, 由操作工人搬动机械式大扳把, 通过一系列杠杆机构使阀芯控制机构处于相应的位置, 以完成各分配器的分配任务。这种控制方式控制精度低, 响应速度慢, 可靠性低。国内外水压机先进操纵系统都采用数字电液伺服控制系统<sup>[2-4]</sup>。

本文针对水压机机械本体特征及运行要求, 对改造方案进行了研究, 提出将“水控水”控制方式改为“油控水”控制方式, 将整个操纵系统改为数字电液伺服控制系统, 对水压机的工作过程实现快速、精确控制, 以提高水压机的加工精度和工作效率。

## 1 总体方案

300MN 水压机有主分配器、中央顶出器分配器、移动工作台分配器、侧顶出器分配器以及左变压器操纵分配器、右变压器操纵分配器等 6 个分配器。各分配器控制进入水压机工作机构的水路流向及流量<sup>[5]</sup>。

针对水压机目前状况和工作要求, 水压机操纵系统改造总体方案如图 1 所示。整个系统由操作台、两级 PLC 控制系统、分配器及操纵油压系统构成。两级控制系统是上位机 PC + 两级 PLC 分布式控制系统, 为整个操纵系统的核心, 用以完成整个系统的控制。操纵系统工作时由操作台上的操纵手柄、按钮发出控制信号, 通过 PLC 控制油压系统驱动执行油缸, 以实现分配器阀的正确动作; 由检测系统检测凸轮驱动机构的实际位置, 反馈给控制系统, 以实现闭环控制; 检测系统还检测系统的其它物理量, 用以监视水压机的工作情况。水压机操纵系统原理框图如图 2 所示。其中, 油压系统的执行机构为一个伺服油缸, 检测装置检测分

收稿日期: 2005-11-17

基金项目: 国防科工委项目(科工技字 2000(589))资助

作者简介: 谭建平(1963-), 男(汉), 湖南, 博士, 博士生导师

E-mail: jptan@163.com

配器的转动角度,反馈给控制器实际的位置信号,以便实现闭环控制。

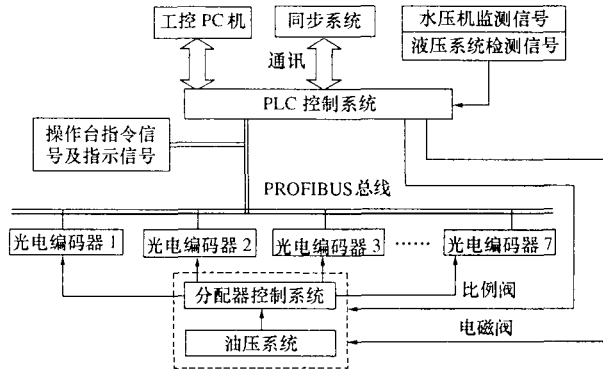


图 1 水压机操作系统改造总体方案

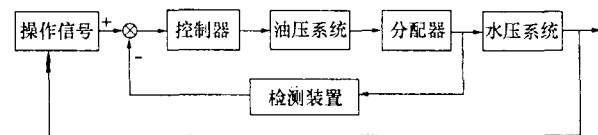


图 2 水压机操作系统原理框图

因此需要进行以下几个方面的改造:(1)改翻板机构驱动分配器阀芯为凸轮顶杆机构驱动分配器阀芯,重新设计各分配器及其支架;(2)增设一个中压油站,用液压油推动装在分配器基座上的齿轮、齿条机构,从而驱动凸轮顶杆机构,控制分配器各阀芯的位置,实现“油控水”功能;(3)采用可编程控制器结合上位机的两级控制方式,可编程控制器控制油压系统,上位机监控操纵系统的重要参数。

## 2 分配器系统设计方案

现有分配器阀芯驱动方式是翻板机构方式,阀门开启不便、不很合理,且分配器的结构较为复杂、体积较大,控制不便。现根据系统功能要求,分配器采用“油缸+齿轮齿条+凸轮装置+位移检测装置”驱动形式,其驱动机构示意图如图 3 所示,通过油缸驱动齿轮齿条装置,带动凸轮旋转,调节阀芯位置,控制工作液体流量或流向。凸轮与顶杆之间采用滚轮从动件接触方式,如图 4 所示。根据各分配器功能要求,新设计的分配器不再采用单顶缸,改变现有的阀体结构,重新布置各阀位置,使之更为合理。

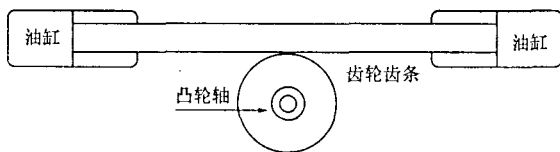


图 3 分配器驱动机构示意图

## 3 操纵油压系统设计

为实现水压机操纵系统“油控水”方式,在原有系统基

础上增加一个油压系统。

水压机操纵油压系统主要用于推动 6 组油缸和 6 个伺服油缸的运动。图 5 为驱动分配器凸轮轴的液压系统原理图。

改造后的液压系统具有以下特点:

(1) 实现系统无负荷启动、安全卸荷。

(2) 主回路溢流阀与比例节流阀构成进油路节流调速。用逻辑锥

阀控制系统工作和非工作时段,工作时,多余的流量通过溢流阀流回油箱,非工作时,逻辑锥阀打开,通过锥阀流回油箱,降低功率损耗的同时也降低温升。

(3) 电磁比例流量阀可以按输入的电信号连续地、按比例地控制液压系统的流量,有效地解决超调问题。

(4) 在大误差时,比例阀以大流量开启,以使阀芯控制系统能以最短时间跟踪给定位置;当误差达到一个给定小误差时,比例阀以小流量开启,且根据误差大小计算在给定小流量条件下,达到给定位置所需时间,时间达到后,关闭比例阀,避免超调,并实现阀芯精确定位。

(5) 液压元件采用集成安装,以便管理和系统维护。

(6) 主回路上装有压力传感变送器和流量传感器,实时检测执行部件的参数。

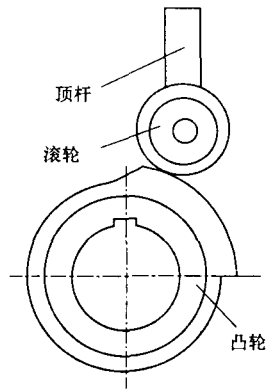


图 4 凸轮顶杆结构图

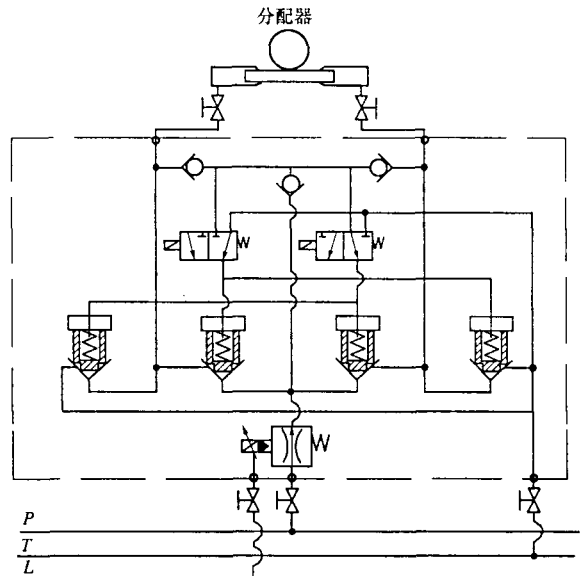


图 5 驱动分配器凸轮轴的液压系统原理图

## 4 检测系统设计

操纵系统信号有电磁铁控制信号、行程开关信号、按钮信号、操纵手柄信号、指示灯信号、液压油站控制信号、液压调试信号、监测信号、编码器信号等 9 类信号。系统中需要

检测的量有:操纵手柄的位置、分配器各阀芯位置、系统压力和各个行程开关、限程开关等信号,以及为保证系统安全运行的其它信号。各主要物理量的检测方式如下:

(1) 操纵手柄位置、分配器位置状态采用德国 P+F 公司的 PROFIBUS 接口的绝对式旋转编码器进行检测。

(2) 水压系统压力和油压系统压力通过压力传感器检测。

(3) 伺服缸位置、顶杆位置采用接近开关判断。

## 5 控制系统设计

控制系统采用可编程控制器结合上位机的两级控制结构,采用西门子 S7300 可编程控制器控制油压系统,采用上位机监控操纵系统重要参数,控制系统总体方案如图 6 所示。1<sup>#</sup>主站~5<sup>#</sup>从站用于水压机主体设备的操作控制、输入和输出信号的处理、液压系统的控制,6<sup>#</sup>站~14<sup>#</sup>站处理各分配器凸轮轴转角信号。

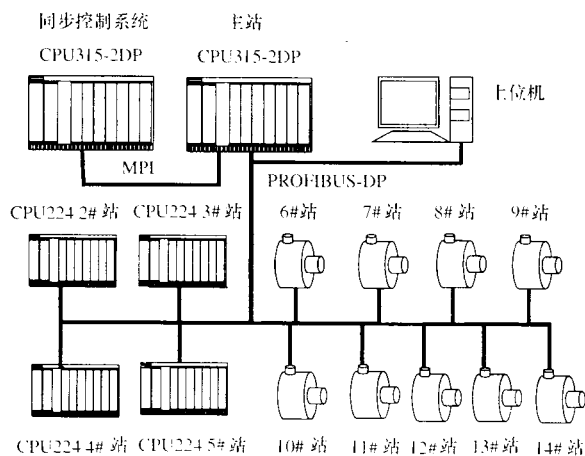


图6 控制系统总体方案图

由于同步控制系统也采用了西门子 S7300 系列 PLC, 所以本系统与同步系统的通讯采用 MPI 通讯方式; 基于总线方式利用西门子组态软件及通讯卡实现 PLC 与上位机的通讯; 选用带 PROFIBUS 接口的传感器与 PLC 通讯, 这种通讯方式布线简单、通讯速度快、可靠性高。为保证分配器转动角度的跟踪精度, 必充分考虑分配器的转动惯量、继电器的延时、电磁阀的惯性等因素的影响。为减少超调和震荡现象, 采用提前量和二次调整的控制方法。在保留原有的连锁功能的基础上, 根据新的系统要求设计新的连锁关系表, 并通过控制程序予以实现。重新编制程序, 使水压机具有自学习与自动操作能力<sup>[6]</sup>。上位机采用西门子 WinCC 组态软件, 通过趋势图、参数实时显示等方式监控系统工况, 并对参数进行管理, 实现查询及报表功能。其软件主要功能有:

(1) 实时监视操作扳把角度,各分配器凸轮轴转角,分配器阀门状态,水压机压力、应力及水路状态,水压机横梁位置及速度,工作台位置,侧顶位置,中顶位置,变压器位置,液压油站参数,液压系统状态等各种状态和参数。

(2) 具有加工流程自动学习、加工流程人工设定、自动

操作、计算机操作水压机、液压油站操作及调试等控制功能。

(3) 具有水位、压力、温度、液位、横梁、倾斜超限和误操作报警诊断功能。

(4) 具有操作权限管理、操作日志、梯形图分析、信息化管理、远程监视等功能。

## 6 结束语

改造后的系统,将实现亚洲最大吨位模锻水压机的全数字化智能控制,全面提升设备的技术水平。并具有以下新的特点和优点:

(1) 机械方面。改翻板机构驱动分配器阀芯为凸轮顶杆机构驱动方式后, 阀门的开启更为合理、更为方便, 阀块的位置布置更为灵活方便, 新设计阀块的重量较原有阀块重量降低约 30%, 阀体斜孔数量减少约 30%; 采用小扳把操作使操作更为方便省力, 原来操作扳把需  $100 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 改造后操作手柄仅需  $1 \text{ N} \cdot \text{m}$ , 且该操作力矩还可根据操作工人手感进行调节。

(2) 控制方面。控制系统连接线路数量减少约 50%，安装调试更为方便，系统更为安全可靠；响应速度快；模压全过程自动化与智能化；各分配器凸轮轴转角控制精度为  $\pm 1.5^\circ$ 。

(3) 液压方面。调试运行更为方便、快速、平稳, 液压系统响应时间  $0.5\text{ s} \sim 1.5\text{ s}$ 。

(4) 实行信息化管理、远程监控,操作管理方便快捷。

(5) 改造后横梁总全行程由 1800 mm 增加到 1830 mm。

〔参考文献〕

- [1] 机电工程学院. 300MN 模锻水压机同步控制系统鉴定技术资料[R]. 长沙: 中南大学, 2001
- [2] Adam G K. Design and control of a mechatronic hydraulic press system[A]. **Proceedings of the IEEE International Conference on Mechatronics**[C], 2004: 311 ~ 315
- [3] 魏伟. 快锻液压机国内外现状及旧水压机改造[J]. 锻压机械, 1998, (2): 6 ~ 8
- [4] 郭淑娟, 刘少军, 张怀亮. 水压机操纵控制系统的改造[J]. 锻压机械, 1996, (6): 28 ~ 28
- [5] 俞新陆. 液压机现代设计理论[M]. 北京: 机械工业出版社, 1987
- [6] Liu K. Learning control system for a ten-thousand-ton hydraulic press[A]. **Proceedings of the International Symposium on Test and Measurement**[C], 1997: 541 ~ 544