

基于 AMESim 的钢坯在线称重 液压系统故障诊断研究

高军霞

(唐山学院 河北省智能装备数字化设计及过程仿真重点实验室, 河北 唐山 063000)

摘要:通过分析某钢铁公司一种钢坯在线自动称重液压系统的工作原理,发现该系统负载试车时发生了执行元件油路颤振问题,针对该问题基于 AMESim 建模仿真,以对该系统进行故障诊断研究。研究发现,该系统存在负负载的垂直升降油路,且直接在液压缸附近安装液控单向阀的做法导致了液压系统下降过程不稳定,从而出现颤振现象。改进后的系统加载试验验证了仿真分析结果的正确性。

关键词:钢坯;在线称重液压系统;故障诊断

中图分类号:TH137 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2023)06-0022-04

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2023.06.005

Research on Fault Diagnosis of the Billet Online Weighing Hydraulic System Based on the AMESim

GAO Jun-xia

(Hebei Key Lab of Intelligent Equipment Digital Design and Process Simulation,
Tangshan University, Tangshan 063000, China)

Abstract: By analyzing the working principle of an automatic billet online weighing hydraulic system in an iron and steel company, it is found that the system has experienced actuator oil route flutter during the load test. To address this issue, a fault diagnosis study of the system is conducted based on AMESim modeling and simulation. The research reveals the existence of a vertical lifting oil route under negative load, and the practice of directly installing a hydraulic check valve near the hydraulic cylinder has caused an unstable descent process in the hydraulic system, thus resulting in flutter. The improved system load test has verified the accuracy of the simulation analysis results.

Key Words: billet; online weighing hydraulic system; fault diagnosis

0 引言

现代工业自动化尤其是重工业自动化的发展与液压传动及控制系统密切相关,对液压系统的性能以及可靠性的要求也越来越高。

AMESim 软件提供了系统工程设计的一个完整平台,使用户可以在同一平台上建立复杂的多学科领域的机电液一体化系统模型,并在此基础上进行仿真计算和深入分析,为机电液一

基金项目:唐山市市级科技计划项目(22130211G);河北省高层次人才资助项目(C20231130)

作者简介:高军霞(1981—),女,河北石家庄人,副教授,博士,研究方向为流体传动与控制。

体化系统的设计和优化提供了便利条件^[1-5]。

钢坯在线称重液压系统是冶金行业连铸连轧设备中用于钢坯在线自动称重的关键设备,该设备性能的优劣直接关系着企业生产成本的核算,同时系统的可靠性也关系着能否保证冶金行业的正常生产。某钢铁公司连铸车间设计的钢坯在线称重液压系统在进行负载试车时,在下降工况中发生了执行元件油路部分不停颤振的现象。为寻找故障原因,基于 AMESim 对该液压系统进行了仿真研究。

1 钢坯在线称重液压系统工作原理

某钢铁公司连铸车间对钢坯在线称重液压系统设计性能的要求如下。

(1)在系统上升—稳定—下降过程中,运动平稳,噪声小,颤动小;托起称重平台的 4 个液压缸规格相同(液压缸缸径 80 mm,活塞杆径 56 mm),且运动时要保持同步性。

(2)液压缸上升到最高位置时保持稳压状态。

(3)有锁紧装置,保证安全生产,采用备用

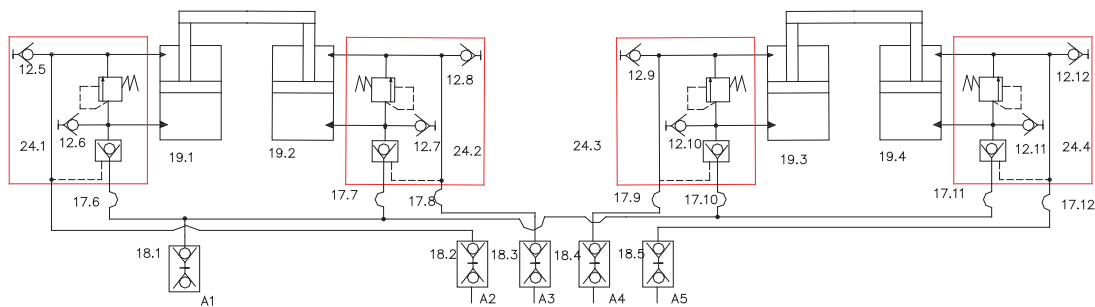
装置,以防发生意外。

运动参数和动力参数如表 1 所示。

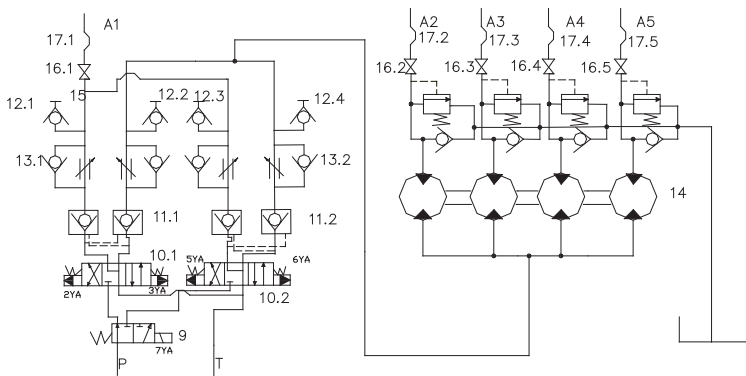
表 1 运动参数和动力参数

工况	行程/mm	完成时间/s	负载/t	制动时间/s
上升	120	8~12	20	0.05
停止		3~5	20	0.05
下降	120	5~10	20	0.05

该钢铁公司连铸车间设计的钢坯在线称重液压系统原理图如图 1 所示。系统采用了柱塞泵加带卸荷作用的电磁溢流阀来调定压力;使用双单向节流阀实现上升和下降过程的回油节流调速控制,进而完成对系统运动时间的调控;采用同步马达保障液压缸的运动精度与同步要求;采用双液控单向阀锁紧回路,保证执行元件停止运动情况下可锁紧在任意位置;液压缸附近安置了一安全阀组,主要由溢流阀和液控单向阀组成,其中,溢流阀旨在防止产生较大压力冲击,液控单向阀实现的是冗余安全控制,防止下降时迅速下滑,造成安全事故。



(a) 执行元件油路



(b) 控制元件油路

图 1 钢坯在线称重液压系统原理图

2 故障诊断

系统安装调试前完成二次清洗工作,确保管道内无残存污物。调试前确保各元件的管路连接和电气线路正确、牢固、可靠。空负载试车情况良好,说明液压系统各元件、辅助装置和各种基本回路的动作循环正常。钢坯在线称重液压系统负载调试运行时发现,上升及稳压工况运行稳定,满足技术要求设定,但在液压缸由保压工况转变为下降工况后,称重系统在承载过程中反复颤振,稳定性受到影响,存在安全隐患。

3 仿真分析

液压缸附近的安全阀组中的溢流阀为安全阀,旨在防止产生较大压力冲击,正常工作过程中阀口始终处于关闭状态,因而仿真模型中可省略溢流阀。为了验证颤振问题是否由安全阀组中的液控单向阀所引起,基于 AMESim 建立有安全阀组和无安全阀组两种钢坯称重液压系统模型,以进行钢坯在线称重系统的仿真研究。同时为了便于分析安全阀组对液压缸容腔压力的影响,忽略阀的泄漏,根据各工况中液压元件的作用将液压系统进行简化,主要是用普通溢流阀代替电磁溢流阀,去掉分流马达处减少制动冲击作用的单向阀及溢流阀,并把过滤器、液位计、压力表、管接头、测压接头等一些辅助元件省去。系统简化后,原理图中的核心元件有电动机、液压泵、溢流阀、油箱、电磁换向阀、单向节流阀、液压锁、液控单向阀、分流马达、液压缸。简化后带安全阀组的 AMESim 仿真模型如图 2 所示,取仿真时间为 28 s,步长为 0.1 s。

主要元件仿真参数设置如下。电动机及液压泵转速均为 1 440 r/min,液压泵排量最大为 16 mL/r,定量泵出口并联的溢流阀调定压力设置为 14 MPa;液压缸缸径为 80 mm,液压缸杆径为 56 mm,每个液压缸施加的负载为 50 000 N;单向节流阀的节流孔等效直径设置为 1 mm,马达排量为 20 mL/r,带动马达的转动轴转速为 38.5 r/min;其余元件参数设置采用软件首选子模型默认值。

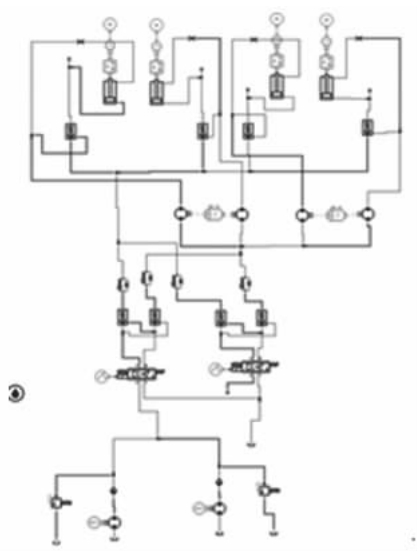


图 2 钢坯在线称重液压系统仿真模型

3.1 带安全阀组的仿真分析

液压缸位移仿真曲线如图 3 所示,在工作行程 120 mm 内,上升工况时间段为 0~9 s,保压工况时间段为 9~16 s,下降工况时间段为 16~21 s,压力速度均在要求范围内。

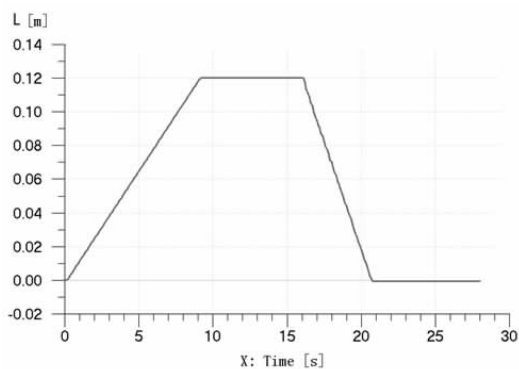


图 3 带安全阀组的液压缸位移曲线

由图 4 液压缸速度曲线可知,液压缸除却在稳压阶段有轻微小波动外,基本属于正常情况,而在下降过程中,速度变化起伏不定,出现震荡现象直至液压缸运动结束。

液压缸在整个运行周期的容腔压力曲线如图 5 所示。由图 5 可看出,上升工况下,液压缸无杆腔压力保持在 100 bar 左右。保压工况时,液压缸有杆腔压力为 0,无杆腔压力上升到溢流阀调定的系统压力即 135 bar,不计损失和泄漏,符合实际工况。下降工况时,液压缸两腔

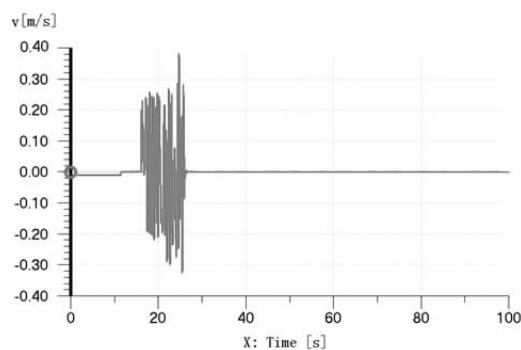
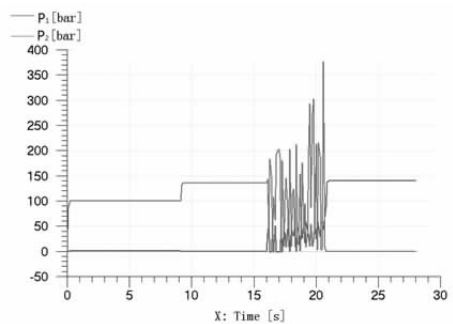
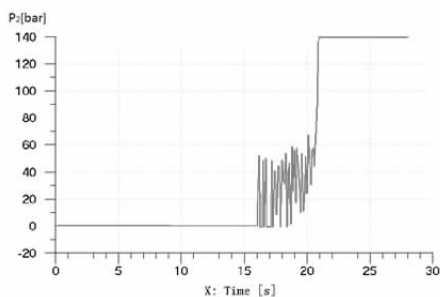


图 4 带安全阀组的液压缸速度曲线

压力波动很大,其中无杆腔压力的波动范围为 10~210 bar,而油缸有杆腔压力的波动范围则是一直在 0~60 bar 内变化,这意味着安全阀组中的液控单向阀一直处于交替启闭切换状态。在下降工况结束时无杆腔存在最大 400 bar 的压力超调,而有杆腔压力瞬间升至 140 bar,对系统性能造成巨大影响,与实际液压系统负载调试时期下降阶段出现的液压缸上下攒动、油路颤振的状况基本相似。



(a)油缸两腔压力工况对比图



(b)有杆腔压力工况图

(P_1 —无杆腔压力, P_2 —有杆腔压力)

图 5 带安全阀组的液压缸容腔压力曲线图

根据图 5 的压力变化曲线可分析得出,带安全阀组的钢坯在线称重液压系统出现系统油

路颤振现象,主要是由安全阀组中的液控单向阀不断启闭造成的。在系统处于下降工况时,压力油进入液压缸有杆腔,初始有杆腔压力达到液控单向阀开启压力时,单向阀开启,无杆腔通过单向节流阀与油箱连通,无杆腔压力由保压工况的 140 bar 迅速下降,具体数值由回流节流调速回路限定。当无杆腔背压不足以支撑负载时,液压缸活塞杆在负载及自重的作用下快速下降,液压泵瞬时供油量不足,有杆腔中的压力就会急剧下降至低于液控单向阀反向导通的最低控制压力,液控单向阀关闭;而随着液压泵的不断供油,有杆腔压力回升,当回升压力值达到液控单向阀导通压力时,液控单向阀再次打开,活塞杆继续快速下降。这使得在整个下降工况中,带安全阀组的液控单向阀时开时闭,导致活塞杆下降速度不稳定,且发生系统油路颤振现象。

3.2 不带安全阀组的仿真分析

删除图 2 仿真模型中的安全阀组,其他参数设置不变,重新运行系统模型,仿真获得液压缸位移曲线,如图 6 所示。在工作行程 120 mm 内,上升工况时间段为 0~11 s,保压工况时间段为 11~16 s,下降工况时间段为 16~22 s,压力速度均在要求范围内。

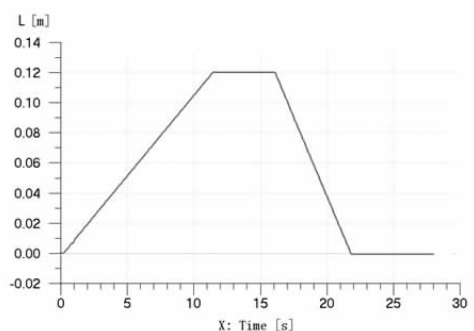


图 6 不带安全阀组的液压缸位移曲线

拆除安全阀组的称重系统液压缸有杆腔的压力变化曲线如图 7 所示。此时称重液压系统下降工况中的有杆腔压力变化曲线剧烈震荡现象基本消失,除电磁换向阀换向时存在细微液压冲击外,在其整个变化过程中基本无压力波动,而且系统的工作压力符合系统要求。(下转第 32 页)

最终确定系统总体设计及各模块设计;(2)对 Factory I/O 软件中各个模块设计选型,系统控制核心采用 S7-1200PLC,利用工业相机对物料进行检测与识别,再加上各种传感器及推杆和挡板的相互配合,基本实现了物料分拣系统的功能;(3)设计系统的 I/O 分配以及程序设计和调试实现了对各模块的控制;(4)物料运输与自动分拣系统可以自动识别 2 种颜色、3 种物料形状,达到分拣 6 种物料的效果,自动模式可由系统随机生产物料并自动分拣。系统为物流分拣提供一种建设思路,也为今后 PLC 课程教学改革提供了一种可以借鉴的模式。

(上接第 25 页)

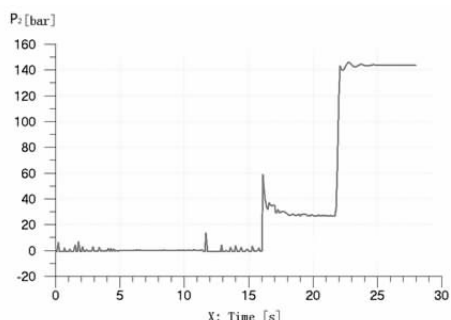


图 7 不带安全阀组的有杆腔压力变化曲线

根据图 7 的液压缸有杆腔压力变化曲线分析得出,在系统处于下降工况时,因回油路存在节流阀产生的背压阻力,液压缸活塞杆未迅速开始运动响应趋势,使得有杆腔压力迅速升高 60 bar,迫使液压缸活塞杆开始下降运动。此时,无杆腔压力具体数值依然由回流节流调速回路中的负载平衡限定。更主要的是液压缸附近的安全阀组拆除后,稳定的回油节流调速回路给了液压系统压力调整响应时间,这使得在整个下降工况阶段系统压力稳定,未发生系统油路颤振现象。

根据分析结果,将实际在线称重系统中安全阀组中的液控单向阀拆掉,保留液压缸有杆腔油路上的固定阻尼,再进行负载试车试验,系统完成了平稳下降,无颤振现象发生,称重品质得到很大提升。

参考文献:

- [1] 尤向阳. 虚拟仿真软件 Factory IO 在 PLC 实践教学中的应用[J]. 安徽电子信息职业技术学院学报, 2022, 21(6): 52 - 56.
- [2] 欧美英, 冯晓龙, 谷胜伟, 等. 基于 PLC 和 Factory IO 的物料分拣及颜色分类设计[J]. 绥化学院学报, 2023, 43(5): 149 - 152.
- [3] 尤向阳. 基于 Factory IO 的 PLC 实践教学研究[J]. 湖南邮电职业技术学院学报, 2022, 21(3): 55 - 58.

(责任编辑:白丽娟)

4 结论

通过 AMESim 软件仿真得出:存在负负载的垂直升降油路,直接在液压缸附近安装液控单向阀将导致液压系统下降过程不稳定,出现颤振现象,因此更适宜采用搭配液压锁的回油节流调速回路控制升降过程。基于 AMESim 软件仿真曲线分析故障现象、排查故障原因的实践经历,为生产现场的技术人员快速排查液压系统故障提供了有益借鉴。

参考文献:

- [1] 赵志国, 余洋, 鲁冰, 等. 基于 AMESim 的轨道架线车升降平台液压系统仿真[J]. 机床与液压, 2010, 38(24): 61 - 63.
- [2] 李强, 关红艳, 宋迪. 基于 AMESim 的压缩式垃圾车同步控制系统仿真研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(23): 121 - 125.
- [3] 黄志坚, 袁周. 液压设备故障诊断与监测实用技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 36 - 40.
- [4] 张振, 王彤, 吕峰. 基于 AMESim 的机载导弹液压弹射机构动态特性研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(11): 168 - 171.
- [5] 高军霞, 吴凤和, 陈恩平, 等. 低压透平电液调节系统的建模及仿真研究[J]. 机床与液压, 2021, 49(13): 135 - 141.

(责任编辑:白丽娟)