

DOI:10.19344/j. cnki. issn1671-5276.2024.03.038

农机用先导式减压阀建模及故障仿真研究

叶星

(新疆农业职业技术学院,新疆 昌吉 831100)

摘要:阐述农机常用先导式减压阀工作原理,利用 AMESim 软件建立阀的仿真模型,仿真分析主阀阻尼孔堵塞、主阀阀芯卡滞、先导阀弹簧疲劳等常见故障工况下先导式减压阀工作时的动态特性。仿真结果表明:应用 AMESim 软件仿真能够真实地模拟先导式减压阀实际工作时的各类故障响应,为快速、准确地诊断先导式减压阀及类似液压元件故障提供一种新的方法与依据,大大降低了故障诊断时间,提高了整机工作效率。

关键词:AMESim; 先导式减压阀; 故障分析; 建模仿真

中图分类号:TH391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2024)03-0177-04

Modeling and Fault Simulation Reserch on Agriculture Pilot Pressure
Reducing Valve Based on AMESim

YE Xing

(Xinjiang Agricultural Vocational and Technical College, Changji 831100, China)

Abstract: The working principle of pilot reducing valve used in agricultural machinery is described. The simulation model of pilot reducing valve is established by AMESim, and the its dynamic characteristics are analyzed under common failure conditions, such as main valve damping hole blockage, main valve spool stuck and pilot valve spring fatigue. The simulation results show that the AMESim software can simulate all kinds of fault responses of pilot valve in actual operation, which provides a new method and basis for diagnosing the faults of pilot valve and similar hydraulic components quickly with accuracy, greatly reducing the fault diagnosis time and improving the working efficiency of the whole machine.

Keywords: AMESim; pilot type pressure reducing valve; fault analysis; modeling and simulation

0 引言

液压技术的日益成熟,使其在薯类收获机、插秧机等农业机械中的应用越来越广泛。先导式减压阀是液压系统中最常用的关键液压元件之一,其通过液压压力与先导阀调压弹簧相作用来调定系统的压力,液体压力与主阀稳压弹簧相作用来稳定系统压力,主要用于中、高压系统中,起到减压、稳压等作用^[1-2]。其性能的优劣直接影响着液压系统的性能及品质,进而影响到整机的性能。然而,因为农业机械工作环境恶劣,对环境敏感的先导式减压阀在工作当中故障率高^[3-4],因此对先导式减压阀故障理论分析及研究意义重大。

鉴于此,本文在对先导式减压阀工作原理分析的基础上,利用 AMESim 软件建立阀的仿真模型,仿真分析了阻尼孔堵塞、阀芯卡滞、弹簧疲劳等常见故障工况下先导式减压阀工作时的动态特性。仿真结果表明,应用 AMESim 软件仿真能够

真实地模拟先导式减压阀实际工作时的各类故障响应,为先导式减压阀的故障诊断及预测研究提供理论参考。

1 先导式减压阀工作原理及数学模型

先导式减压阀结构及图形符号如图 1 所示。

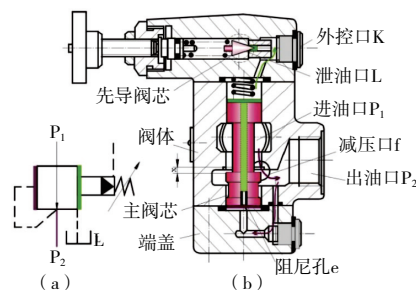


图 1 先导式减压阀结构及图形符号

由图 1 工作时,液压力同时作用于主阀芯及先导锥阀的左侧压力面上。当先导阀锥阀未打开时,阀腔中油液没有流动,作用在主阀芯上下两

作者简介:叶星(1985—),女,新疆昌吉人,讲师,研究方向为机械工程、农机应用技术,农业机械制造维修,717796815@qq.com。

个方向的压力相等,主阀芯在稳压弹簧作用下处于最下端位置,阀口全开。当进油压力增大到使先导阀阀芯打开时,液流通过主阀芯上的阻尼孔流回油箱。由于阻尼孔的阻尼作用,使主阀芯所受的上下两个方向的液压力不相等,主阀芯在压差的作用下上移,阀口减小,出口压力减小,直至与先导阀调压弹簧调定值相等。

2 AMESim 建模及仿真研究

2.1 模型建立

根据先导式减压阀结构及工作原理,利用 AMESim 仿真软件^[5-7]建立先导式溢流阀仿真模型如图 2 所示。

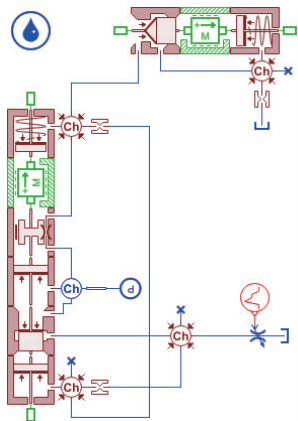


图 2 先导式减压阀 AMESim 仿真模型

2.2 参数设置

根据先导式减压阀实际结构参数,设定系统主要元件 AMESim 各模块的参数如表 1 所示。

表 1 参数设置

模块名称	参数值
主阀阀芯质量/kg	0.1
主阀弹簧预紧力/N	2
主阀阀芯直径/mm	12
主阀阀杆直径/mm	6
主阀阀口遮盖量/mm	1.5
主阀阀芯下极限位移/mm	0
主阀阀芯上极限位移/mm	2
先导阀阀芯质量/kg	0.01
先导阀阀芯直径/mm	7
先导阀阀座直径/mm	3
先导阀弹簧预紧力/N	465
先导阀阀芯下极限位移/mm	0
先导阀阀芯上极限位移/mm	5

续表 1

模块名称	参数值
阻尼孔 1 直径/mm	1
阻尼孔 2 直径/mm	2
阻尼孔 3 直径/mm	17
恒压力源/MPa	30

2.3 仿真研究

1) 仿真验证分析

如图 3 所示,设定可变节流口输入信号 0~10 s 内由 1.0 线性降低到 0.2 来模拟负载的变化,恒压 0~10 s 内为 30 MPa,仿真时间为 10 s,仿真步长为 0.005 s。仿真后得到先导式减压阀进、出口油口压力、节流阀通流面积曲线如图 4 所示。

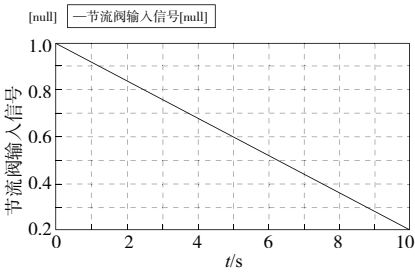


图 3 节流阀输入信号曲线

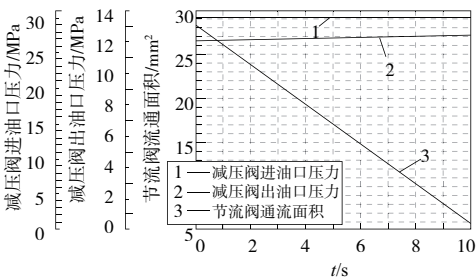


图 4 先导式减压阀进、出口油口压力及节流阀通流面积变化曲线

由图 4 仿真结果可知,减压阀进口的压力恒为 30 MPa,可变节流口通流面积随着输入信号的降低,由 28.3 mm²降低到 6.3 mm²,即减压阀出口遇到的负载逐渐减小,而减压阀出口压力基本稳定在 12.3 MPa,仿真结果与实际工况一致。

减压阀压力计算公式为

$$P = F/A \tag{1}$$

式中 A 为先导阀阀芯面积。

将表 1 中主阀弹簧预紧力 F 为 465 N、先导阀阀芯直径 7 mm 代入式(1),计算得出减压阀出口稳定压力为 12.1 MPa,与仿真结果基本一致,证明了所建立模型的正确性和精确性。

2) 主阀上腔阻尼孔堵塞故障工况

先导式减压阀正常工况时主阀阻尼孔直径设定为 2 mm, 主阀阻尼孔直径设定为 0.01 mm 来模拟主阀阻尼孔堵塞故障工况, 仿真时间为 10 s, 仿真步长 0.01 s。利用 AMESim 批处理功能, 仿真得到两种阻尼孔直径下减压阀的出口压力随时间变化曲线如图 5 所示。

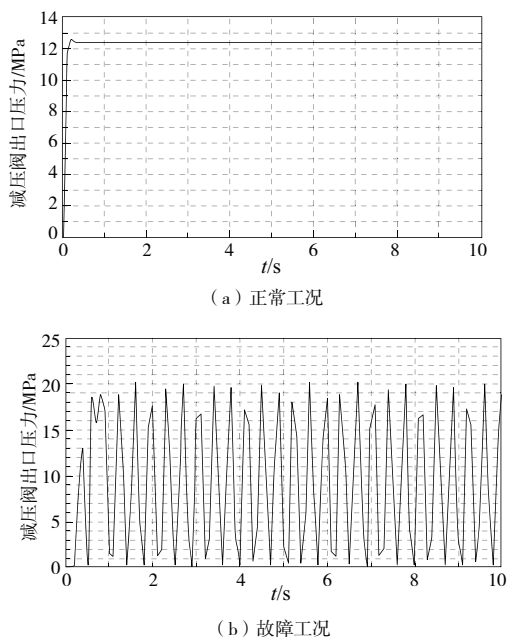


图 5 主阀上腔阻尼孔不同工况下减压阀出口压力变化曲线

由图 5 得知: 主阀阻尼孔堵塞故障工况时, 由于主阀上腔阻尼孔堵塞, 先导阀不起调压作用, 出口压力直接与主阀平衡弹簧相作用, 致使主阀出口压力在 0 MPa 和 20 MPa 之间附近震荡, 与实际故障工况基本一致。

3) 主阀阀芯卡死故障工况

设置先导式减压阀正常工况时主阀阀芯下极限位移为 0 mm, 上极限位移为 2 mm, 主阀阀芯下极限位移为 0 mm, 上极限位移设置为 0 mm 来模拟主阀阀芯卡死故障工况。利用 AMESim 批处理功能, 仿真得到两种工况下主阀芯位移减压阀出口压力随时间变化曲线如图 6 所示。

由图 6 得知: 主阀芯卡死故障工况时, 阀芯处于全开状态, 致使主阀出口压力为 29.7 MPa, 与实际故障工况基本一致。

4) 先导阀弹簧疲劳变软故障工况

设定先导式减压阀正常工况时弹簧刚度为 10 N/mm, 先导阀弹簧刚度设定为 0.1 N/mm 来模拟先导阀弹簧疲劳变软故障工况。利用 AMESim 批处理功能, 仿真得到两种工况下减压阀的出口

压力随时间变化曲线如图 7 所示。

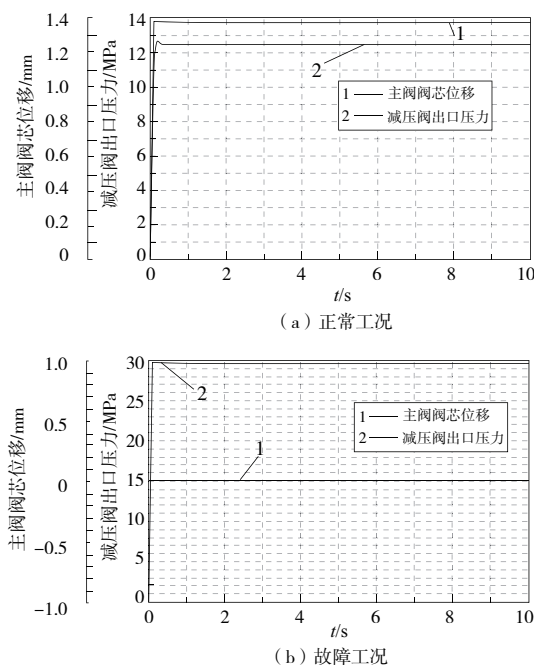


图 6 不同工况下主阀芯位移及减压阀出口压力变化曲线

由图 7 得知: 由于弹簧疲劳变软导致弹簧刚度降低, 先导阀阀口压力稳定性降低进而引起主阀阀口压力的震荡, 与实际故障工况基本一致。

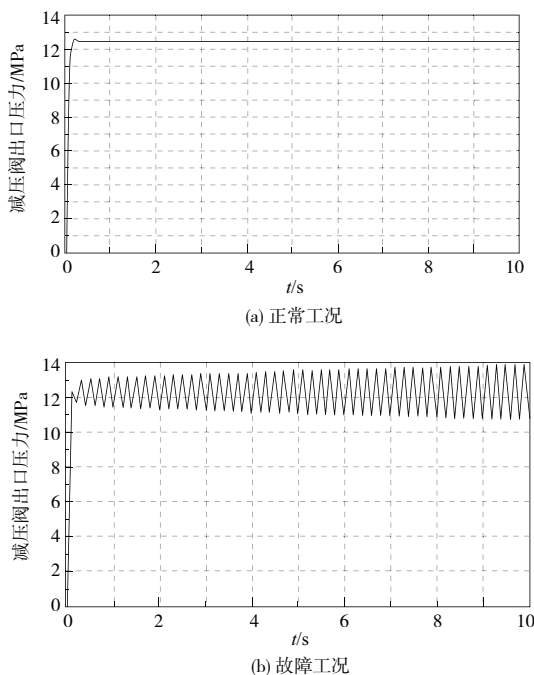


图 7 先导阀弹簧不同工况下减压阀出口压力变化曲线

3 结语

本文在对先导式减压阀工作原理分析的基础上, 推导建立了阀的数学模型, 利用 AMESim 仿真模型, 分析了主阀阻尼孔堵塞、主阀阀芯卡滞、先

导阀弹簧疲劳等常见故障工况下先导式减压阀工作时的动态特性,得到如下结论:

1)主阀上腔阻尼孔堵塞,先导阀不起调压作用,出口压力直接与主阀平衡弹簧相作用,致使主阀出口压力在 0 MPa 和 20 MPa 之间震荡;

2)阀芯卡死故障工况时,阀芯处于全开状态,致使主阀出口压力为 29.7 MPa;

3)先导阀弹簧疲劳变软故障工况时,导致先导阀阀口压力稳定性降低进而引起主阀阀口压力的震荡。

参考文献:

- [1] 顾存行,毛虎平,王强,等. 基于 AMESim 的直动式减压阀动态特性仿真分析[J]. 机械设计与制造, 2017(5):234-237.
- [2] 侯艳艳,曹克强,李小刚,等. 基于 AMESim 的先导式溢流阀故障仿真分析[J]. 液压与气动,2014(12):

102-104.

- [3] 白晓瑞,沈如松,姜甫川. 先导式减压阀的静动态特性仿真分析[J]. 机床与液压, 2014, 42(16): 97-100,114.
- [4] 刘坤华,钟佩思,黄德杰,等. 基于 AMESim 的先导式溢流阀静态性能的仿真和优化[J]. 机床与液压, 2016,44(22):105-107.
- [5] 周小军,姜乐华,高经纬. 基于 AMESim 的液压缸内泄漏仿真分析[J]. 机床与液压,2012,40(23):147-150.
- [6] 付永领,祁晓野. AMESim 系统建模和仿真[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006.
- [7] 付永领,齐海涛. LMS Imagine. Lab AMESim 系统建模和仿真实例教程[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2011.

收稿日期:2022-12-05

(上接第 157 页)

4 结语

1)在 SolidWorks 中建立了不锈钢薄管、折弯模、压模、夹模和导向槽的三维模型,导入 Simufact Forming 进行有限元分析,使用内置模块对模型进行网格划分,结合实际折弯成型工艺设置折弯速度、接触类型、摩擦因数等参数。

2)随着折弯角度的不断增大,折弯区域内的应力逐渐增大,高应力区域增大,外侧壁厚减小,内侧壁厚增大。薄管的回弹量随着摩擦因数的增大或折弯速度的减小呈现先增大后减小的趋势。当摩擦因数为 0.2 或者折弯速度为 2 s 内 190° 时,薄管的回弹量达到最大。

参考文献:

- [1] 朱海宝,李戈,王鲁,等. 汽轮机 EH 油系统用奥氏体不锈钢弯管开裂的原因分析[J]. 热加工工艺,2019, 48(18):174-177.
- [2] 杨专钊,王高峰,惠非,等. 感应加热弯管开裂分析[J]. 热加工工艺,2014,43(19):223-226.
- [3] 孙浩,王翊,黄杰,等. 锅炉再热器交叉管弯管起弯处

开裂原因分析[J]. 焊接技术, 2019, 48: 80-83.

- [4] 李莎,赵振铎,王贵平. N08800 铁镍基合金焊管在弯管成型时的开裂原因[J]. 理化检验(物理分册), 2021,57(6):62-65.
- [5] 张深,吴建军,王强,等. 金属管材弯曲成形回弹问题研究[J]. 航空制造技术,2014,57(10):45-50.
- [6] 华健,陈金戈. 汽车冷却水管弯管回弹量及其影响因素[J]. 机械设计与制造,2008(2):40-42.
- [7] 李雁鹏,吴建军. 非平面弯管成形过程的回弹补偿研究[J]. 锻压技术,2009,34(1):89-92.
- [8] 罗广权,陈伟珍,谢东津. 大口径管材小半径弯曲成形仿真分析[J]. 装备制造技术,2022(3):50-53,106.
- [9] 彭博,王友. 管材绕弯成形过程有限元仿真分析[J]. 轻工科技, 2020, 36(11): 31-32,38.
- [10] 蒋佳华,黄乐,李松,等. 基于 PAM-STAMP 的进油管成形有限元分析[J]. 智能制造,2017(7):34-37.
- [11] 徐建美,王克鲁,方军,等. 间隙对 0Cr21Ni6Mn9N 不锈钢管材数控弯曲截面质量的影响[J]. 锻压技术, 2014,39(5):132-137.

收稿日期:2022-11-25