

电站锅炉用先导式安全阀 AMESim 建模及仿真研究

佟得吉,梁奎,刘翔

(中国特种设备检测研究院,北京 100029)

摘要:针对先导式安全阀工作时压力超调量大的问题,以电站锅炉用 AF46Y-25 先导式安全阀为例,在分析元件工作原理的基础上,利用 AMESim 仿真软件建立阀仿真模型,仿真分析先导阀阻尼孔面积、主阀弹簧腔容积、主阀弹簧刚度、先导阀弹簧刚度对阀压力超调量等特性的影响。

关键词:AMESim;先导安全阀;压力超调;参数优化

中图分类号:TP391.9 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2021)05-0132-03

Modeling and Simulation Research of Pilot Safety Valve for Power Plant Boiler Based on AMESim

TONG Deji, LIANG Kui, LIU Xiang

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

Abstract: To overcome the pressure overshoot volume of pilot relief valve in operation, the valve simulation model, with a power plant boiler AF46Y - 25 pilot relief valve being an example, and based on the analysis of working principle of the element, was established by the AMESim simulation software. The simulation analysis was conducted on the pilot valve damping hole area, the main valve spring cavity volume, the main valve spring stiffness, and pilot valve spring stiffness impacts on the features of valve pressure overshoot volume ect.

Keywords: AMESim; pilot safety valve; pressure overshoot; parameter optimization

0 引言

电站锅炉是电厂用来发电的锅炉,一般容量较大。常见的主力机组为 600 MW。目前较先进的是超临界锅炉,容量可达 1 000 MW。电站锅炉主要有煤粉炉和循环流化床锅炉两类^[1]。安全阀是电站锅炉中重要安全附件,主要用于锅炉的超压保护。目前安全阀种类主要有弹簧机械式安全阀和先导式安全阀^[2]。弹簧机械式安全阀主要以安全阀弹簧的机械式压缩来实现阀门的密封,系统压力通过克服弹簧压力来实现开启并排放工质。先导式安全阀是一种非直接作用式安全阀,由主阀和导阀组成,依靠从导阀排出介质来驱动或控制主阀的启闭,适用于高背压、大口径、大流量和安装位置紧凑的场合。当系统压力超压时,先导式安全阀能够及时开启,泄放压力从而保护锅炉容器系统的安全和稳定^[3]。

GB /T 28778—2012 对于先导式安全阀的起跳调压力有严格的要求,然而实际试验过程中发现,一些先导式安全阀开启过程中压力超调量大^[4]。

鉴于此,以电站锅炉用 AF46Y-25 先导式安全阀为例,在分析元件工作原理的基础上,利用 AMESim 仿真软件建立了仿真模型,仿真研究分析先导阀阻尼孔面积、主阀弹簧腔容积、主阀弹簧刚度、先导阀弹簧刚度对阀压力超调量等特性的影响,所得结论为先导式安全阀的结构设计及参数优化提供参考依据。同时,所建立的

AF46Y-25 先导式安全阀 PCD 模型为其他型号的安全阀模型建立提供了参考,具有一定的实用价值。

1 AF46Y-25 先导式安全阀结构及工作原理

图 1 所示为 AF46Y-25 型先导式安全阀结构原理图。

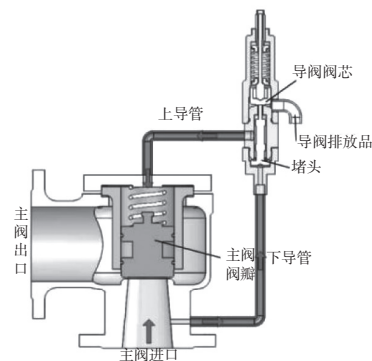


图 1 AF46Y-25 先导式安全阀结构图

当系统正常工作时,先导阀阀芯处于关闭状态,系统压力通过下导管、先导阀控制阀腔、上导管,进入主阀阀瓣顶部圆顶气室的同时作用在先导阀控制活塞下端。

当系统压力到达先导阀调定压力时,系统压力克服先

第一作者简介:佟得吉(1985—)男,辽宁抚顺人,检验师,工程师,研究方向为电站锅炉检验检测。

导弹簧力通过顶杆推动导阀阀芯上移,导阀开启的同时关闭导阀进气通道,主阀上腔气室压力通过先导阀泄压口泄压,主阀阀芯在阀芯上下腔压差的作用下上移,主阀阀瓣完全打开,通过主阀泄放降压。

当系统压力降低到回座压力时,先导阀克服进口压力作用在滑阀上的力使导阀复位,顶杆顶开滑阀,进口压力气体通过滑阀重新进入主阀上腔,主阀重新关闭。

2 建模及 AMESim 仿真分析

2.1 模型建立

根据 AF46Y-25 先导式安全阀结构及工作原理,利用 AMESim 仿真软件^[5]建立模型如图 2 所示。

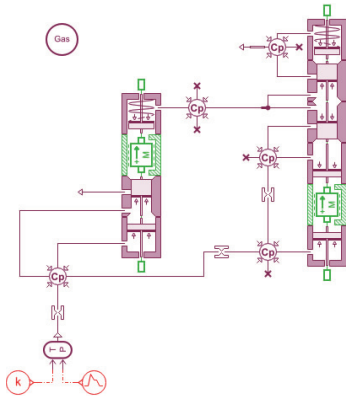


图 2 AF46Y-25 先导式安全阀 AMESim 仿真模型

2.2 参数设置

根据 AF46Y-25 先导式安全阀样本结构参数,设定系统主要元件 AMESim 各模块的参数如表 1 所示。其他参数保持默认值。

表 1 参数设置

参数名称	参数值
主阀阀芯质量/kg	0.05
主阀弹簧预紧力/N	1
主阀阀芯直径/mm	30
主阀溢流口口径/mm	5
主阀阀芯下极限位移/mm	0
主阀阀芯上极限位移/mm	4.5
先导阀阀芯质量/kg	0.01
先导阀阀芯直径/mm	17
先导阀弹簧零位移预紧力/N	338
先导阀阀芯下极限位移/mm	0
先导阀阀芯上极限位移/mm	2.5
阻尼孔 1 直径/mm	2
阻尼孔 2 直径/mm	0.5
阻尼孔 3 直径/mm	0.5
恒压力源/MPa	2

2.3 动态特性仿真分析

1) 仿真验证分析

设定恒压源 0~10 s 时段为 2 MPa。仿真时间为 10 s,仿真步长为 0.01 s,进行仿真,得到先导式安全阀主阀进口压力如图 3 所示。

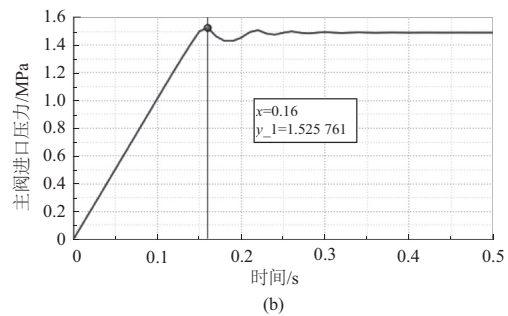
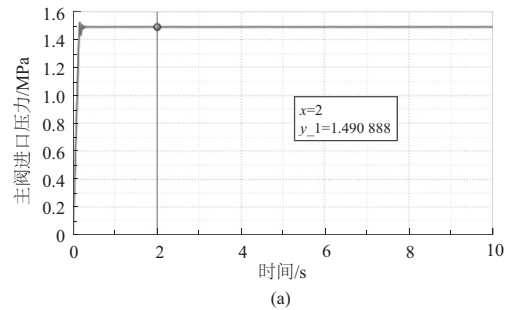


图 3 先导式安全阀进口压力及局部放大曲线

由图 3(b) 可知,0.15 s 时先导式安全阀主阀阀芯开启,阀口开启压力峰值为 1.525 MPa,最终稳定压力为 1.491 MPa,压力超调量为 0.03 MPa,符合 GB/T 28778—2012 的要求^[6]。

根据表 1 中先导阀弹簧预紧力为 338 N、主阀阀芯直径为 17 mm,可计算得出减压阀出口稳定压力为 1.489 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) 先导阀阻尼孔通流面积对阀动态特性影响分析

利用 AMESim 批处理功能对先导阀阻尼孔通流面积进行研究分析,设定先导阀阻尼孔通流面积分别为 0.5 mm²、1.0 mm²、1.5 mm²、2.0 mm²,仿真得到不同先导阀阻尼孔通流面积下主阀进口处压力曲线如图 4 所示(本刊黑白印刷,相关疑问请咨询作者)。

从仿真结果可以发现:先导阀阻尼孔通流面积 0.5 mm² 时其阀口开启压力峰值为 1.525 MPa,最终稳定压力为 1.491 MPa,压力超调量为 0.034 MPa;阻尼孔通流面积为 1.0 mm² 时其阀口开启压力峰值为 1.532 MPa,最终稳定压力为 1.500 MPa,压力超调量为 0.041 MPa;阻尼孔通流面积为 1.5 mm² 时其阀口开启压力峰值为 1.538 MPa,最终稳定压力为 1.507 MPa,压力超调量为 0.047 MPa;阻尼孔通流面积为 2.0 mm² 时其阀口开启压力峰值为 1.543 MPa,最终稳定压力为 1.513 MPa,压力超调量为 0.052 MPa。即随着阻尼孔通流面积的增加,压力超调量、稳定压力值有增加的趋势,主阀入口达到峰值压力的响应时间基本不变,但达到稳定压力的响应时间逐渐缩短。

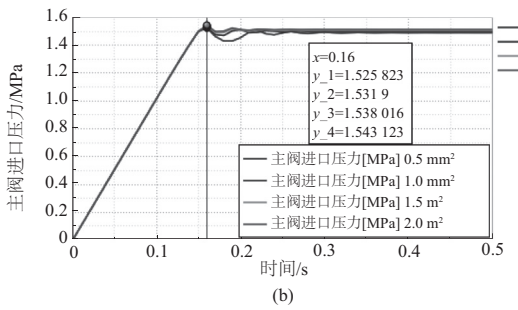
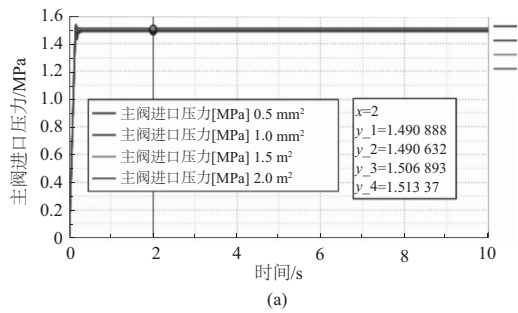


图 4 不同先导阀阻尼孔流通面积先导式安全阀进口处压力及局部放大曲线

3) 主阀弹簧刚度对阀动态特性影响分析

利用 AMESim 批处理功能对主阀弹簧刚度进行研究分析,设定主阀弹簧刚度分别为 1 N/mm、6 N/mm、11 N/mm、16 N/mm,仿真得到不同主阀弹簧刚度下主阀进口处压力曲线如图 5 所示。

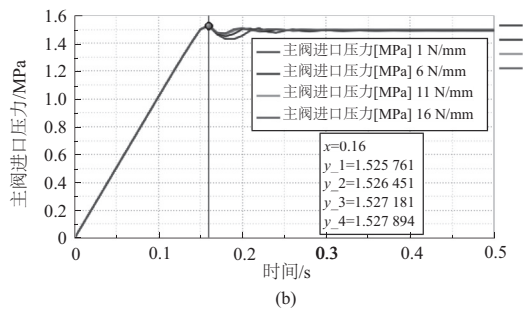
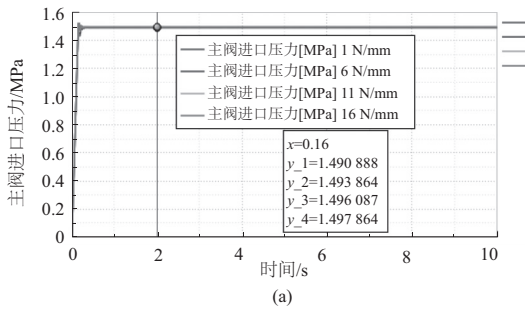


图 5 不同主阀弹簧刚度下先导式安全阀进口处压力及局部放大曲线

从仿真结果可以发现:主阀弹簧刚度为 1 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.526 MPa,最终稳定压力为 1.491 MPa,压力超调量为 0.035 MPa;主阀弹簧刚度为 6 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.526 MPa,最终稳定压力为 1.494 MPa,压力超调量为 0.035 MPa;主阀弹簧刚度

为 11 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.527 MPa,最终稳定压力为 1.496 MPa,压力超调量为 0.036 MPa;主阀弹簧刚度为 16 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.528 MPa,最终稳定压力为 1.498 MPa,压力超调量为 0.037 MPa。即随着主阀弹簧刚度越大,最终稳定压力值、压力超调量有增加的趋势,但增加幅度小,主阀入口达到峰值压力的响应时间基本不变,但达到稳定压力的响应时间逐渐缩短。

4) 先导阀弹簧刚度对阀动态特性影响分析

利用 AMESim 批处理功能对先导阀弹簧刚度进行研究分析,设定先导阀弹簧刚度分别为 10 N/mm、20 N/mm、30 N/mm、40 N/mm、50 N/mm,仿真得到不同先导阀弹簧刚度下主阀进口处压力曲线如图 6 所示。

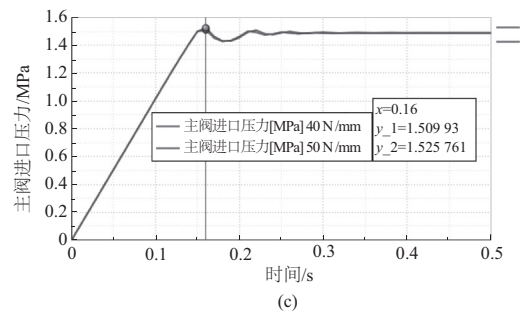
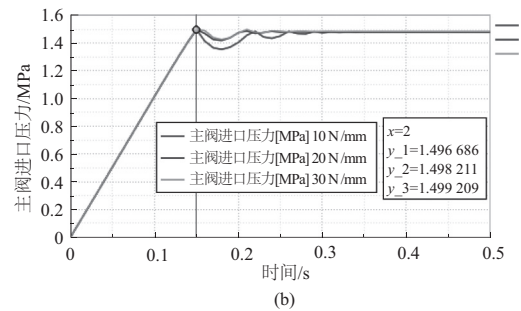
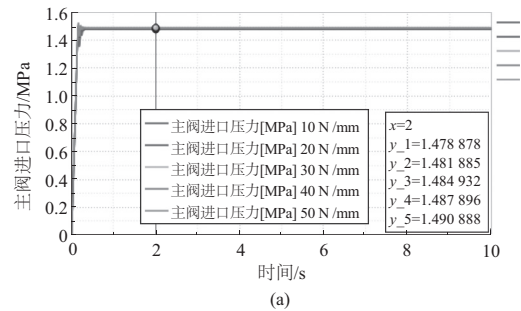


图 6 不同先导阀弹簧刚度下先导式安全阀进口处压力及局部曲线

从仿真结果可以发现:先导阀弹簧刚度为 10 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.497 MPa,最终稳定压力为 1.479 MPa,压力超调量为 0.006 MPa;先导阀弹簧刚度为 20 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.498 MPa,最终稳定压力为 1.482 MPa,压力超调量为 0.007 MPa;先导阀弹簧刚度为 30 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.499 MPa,最终稳定压力为 1.485 MPa,压力超调量为 0.008 MPa;先导阀弹簧刚度为 40 N/mm 时其阀口开启压力峰值为 1.510 MPa,最终稳定压力为 1.489 MPa,压力超调量为 (下转第 182 页)

更快。

上述实验结果显示:与传统的玩具相比较,本文设计的智能机器人玩具交互种类较多,且交互响应时间较短,充分证明其基本功能更优。

4 结语

本文基于 Arduino 平台设计了一种新的智能机器人玩具,增加了玩具的交互种类,缩短了玩具的交互响应时间,为儿童提供更全面、良好的游戏体验,也为儿童发展与成长提供更加优质的服务与帮助。

参考文献:

- [1] 朱定局. 人工智能的文艺梦想和机器人的未来[J]. 华南师范大学学报(社会科学版),2019(5):183-188,192.
- [2] 程洛林,徐伟,龙天南,等. 适用于学龄前儿童智能陪伴玩具

的 APP 交互设计研究[J]. 家具,2019,40(2):71-77.

- [3] 黄群,李君梓. 信息时代下的儿童智能玩具设计研究[J]. 包装工程,2020,41(10):150-156,174.
- [4] 陈思宇,姚立纲,徐业良,等. 陪伴型机器人陪伴功能的设计与实现[J]. 机械制造与自动化,2020,49(3):142-146.
- [5] 卢宇,薛天琪,陈鹏鹤,等. 智能教育机器人系统构建及关键技术——以“智慧学伴”机器人为例[J]. 开放教育研究,2020,26(2):83-91.
- [6] 李建勇,刘雪梅,王泽. 家庭陪伴机器人的仿人上肢设计及肢体交互[J]. 机械与电子,2020,38(8):66-70.
- [7] 潘亚林,李思琪,童慧,等. 儿童与智能服务机器人交互体验评价方法综述[J]. 人类工效学,2019,25(4):74-79.
- [8] 胡天林,李继芳,罗锦才,等. 基于 Arduino 的移动机器人实训平台设计[J]. 实验技术与管理,2020,37(12):108-111,117.

收稿日期:2021-03-17

(上接第 134 页)

0.009 MPa;先导阀弹簧刚度为 50 N/mm 时,其阀口开启压力峰值为 1.525 MPa,最终稳定压力为 1.491 MPa,压力超调量为 0.034 MPa。即随着先导阀弹簧刚度增大,最终稳定压力值、压力超调量有增加的趋势,但增加幅度小,主阀入口达到峰值压力的响应时间基本不变,但达到稳定压力的响应时间逐渐缩短。

5) 主阀弹簧容腔体积对阀动态特性影响分析

利用 AMESim 批处理功能对主阀弹簧容腔体积进行研究分析,设定主阀入口容腔体积分别为 0.000 5 L、0.001 0 L、0.001 5 L、0.002 0 L、0.002 5 L,仿真得到不同阀弹簧容腔体积下主阀进口处压力曲线如图 7 所示。

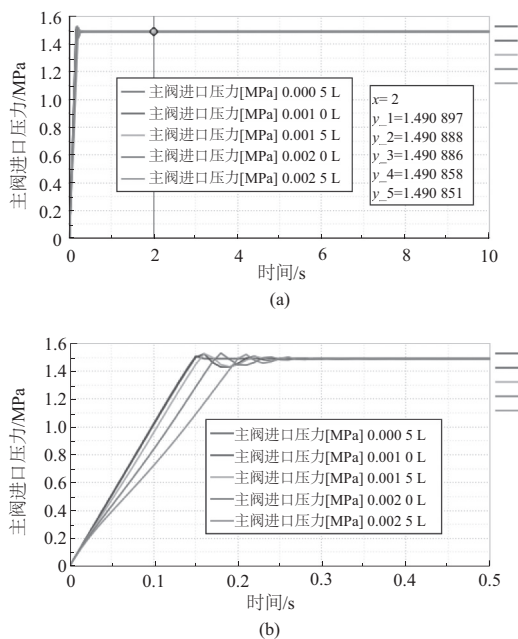


图 7 不同主阀弹簧容腔体积下先导式安全阀进口处压力及局部放大曲线

从仿真结果可以发现:随着主阀弹簧容腔体积的增加,最终稳定压力值、压力超调量基本保持不变,分别为 1.491 MPa 和 0.03 MPa,但主阀入口达到峰值及稳定压力的响应时间延长,主阀弹簧容腔体积由 0.000 5 L 增加到 0.002 5 L 时,响应时间由 0.16 s 延长至 0.22 s。

3 结语

以电站锅炉用 AF46Y-25 先导式安全阀为例,利用 AMESim 仿真软件建立了仿真模型并进行仿真研究。研究表明:阻尼孔通流面积、先导阀及主阀弹簧刚度对阀的压力超调量、稳定压力及达到稳定压力的响应时间影响较大,而对主阀入口达到峰值压力的响应时间影响较小;主阀弹簧容腔体积对主阀入口达到峰值及稳定压力的响应时间影响较大,对压力超调量、稳定压力影响较小。

参考文献:

- [1] 陈莉. 电站锅炉的热力计算与(火用)分析应用程序[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2004.
- [2] 方学锋,蔡文生. 先导式安全阀动作原理及应用失效分析[J]. 化工机械,2010,37(4):493-495.
- [3] 张辉. 先导式安全阀失效启跳分析及处理[J]. 石油化工腐蚀与防护,2017,34(6):61-64.
- [4] 郑积泉,蒋威,陈宗杰,等. 先导式安全阀试验与回座失效分析[J]. 液压与气动,2019(11):69-72.
- [5] 徐学文,张洪信,赵清海. 基于 AMESim 的轴向柱塞泵柱塞组件动力学分析[J]. 机械制造与自动化,2020,49(5):123-126.
- [6] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 28778—2012 先导式安全阀[S]. 北京:中国标准出版社,2013.

收稿日期:2021-02-03