

先导式溢流阀静动态特性的仿真研究*

杨国来^{1,2}, 李 静¹, 许敏影¹, 惠喜强¹, 刘小雄¹

(1. 兰州理工大学 能动学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 兰州理工大学 温州泵阀研究院, 浙江 温州 325105)

摘要:溢流阀作为多路阀的过载保护阀,其性能的好坏直接影响多路阀的性能和工作的可靠性。文中分析了某型先导式溢流阀的静态特性,并在 AMESim 环境下建立了仿真模型。通过静、动态分析,优化了阀的内部参数,提高了阀的可靠性。

关键词:先导式溢流阀;静态特性;AMESim;动态特性;仿真

中图分类号:TH 137 **文献标志码:**A

Research on the Simulation of Dynamic and Static Characteristics of Hydraulic Piloted Relief Valve

YANG Guolai^{1,2}, LI Jing¹, XU Mingying¹, HUI Xiqiang¹, LIU Xiaoxiong¹

(1. School of Energy and Power Engineering, Lanzhou University of Technology, Lanzhou 730050, China;

2. Engineering Institute of Wenzhou Pump & Valve, Lanzhou University of Technology, Wenzhou 325105, China)

Abstract: Hydraulic piloted relief valve as an overload relief valve of the multitandem valve, its performance has a direct impact on the reliability of the work of the multitandem valve. The paper analyzed working principle of hydraulic piloted relief valve and built the model of valve through HCD database of AMESim. It can improve stability of valves through dynamic and statistic analysis and optimizing internal parameters of valves.

Key words: hydraulics piloted relief valve, static characteristics, AMESim, dynamic characteristics, simulation

多路换向阀适用于工程机械、矿山、冶金、船舶、医药等行业,一般整体采用统一的模块化设计,可为工程车辆的制造者提供可靠的系统解决方案。先导式溢流阀专用于某型多路阀,为多路阀的过载保护阀。由于装载机依靠多路阀完成各个动作,因此对多

路阀的要求很高。作为多路阀的过载保护阀,先导式溢流阀必须提高阀芯的稳定性,改善溢流阀的动态特性。本文对溢流阀进行了静态和动态分析研究,为优化阀的结构、减小压力波动提供了理论依据。

3 调节阀噪声降低的方法

要从根本上消除调节阀的噪声,就应该从声源来进行处理,设计机构新颖的低噪声阀芯,在产生噪声的地方,把流速和压差降下来。通常采用如下 2 种方法。

1) 设计迂回通路。在阀芯节流处设计隔开的、细小的迂回通路,这种流路由于介质和边界层的湍流切应力作用,形成黏性应力,使压力降的百分数比最大化。

2) 采用阶梯式阀芯结构。设计多级阶梯式阀芯结构,当介质流过特殊的阀芯和阀座,使介质密度变化,压力降低,减缓了介质流速。这种方法尤其适用于液体易于产生空化的场合。

4 结语

通过调节阀的噪声预估计算公式的分析,找到了调节阀产生噪声的原因;同时,通过 CFD 技术对调节阀内部流场进行可视化仿真模拟,找到了噪声

源,并认为介质在经过节流口时,由于流速、压降增大,空化和闪蒸现象极易产生,噪声会明显增加。本文提供了降低调节阀噪声的 2 种方法,为今后设计高性能、低噪声的调节阀提供了有效的思路。

参考文献

- [1] 明赐东. 调节阀计算选型与使用[M]. 成都:成都科技大学出版社,1999.
- [2] 周光炯. 流体力学[M]. 北京:高等教育出版社,2009.
- [3] 陆培文. 调节阀实用技术[M]. 北京:机械工业出版社,2007.
- [4] 何存兴. 液压元件[M]. 北京:机械工业出版社,1998.
- [5] 郑海. 汽轮机高压旁路阀调节特性的研究及噪声分析[D]. 兰州:兰州理工大学,2012.

作者简介:杨国来(1963-),男,教授,博士生导师,主要从事液压元器件及自动控制方面的教学和科研工作。

收稿日期:2012年09月10日

责任编辑 李思文

AMESim 为研究液压系统提供了基于直观的图形界面的建模平台,直接在仿真平台上建立元件仿真模型,设置参数进行仿真,整个仿真过程中系统模拟可以显示在该平台中。AMESim 具有液压元件设计库 HCD,通过采用结构单元的细分来处理物理元件的多样性,为液压系统中某个元件的特性研究提供了极大的方便。

1 先导式溢流阀的结构原理

先导式溢流阀如图 1 所示。油液进入溢流阀前腔 x 时,先导阀和主阀在导阀弹簧和主阀弹簧的作用下处于关闭状态。油液通过螺杆上的阻尼孔进入溢流阀后腔 y。当油液作用在螺杆上的力大于导阀的弹簧力时,导阀打开,主阀后腔 y 的油液通过先导阀流出回油箱,后腔压力减小,主阀打开溢流。

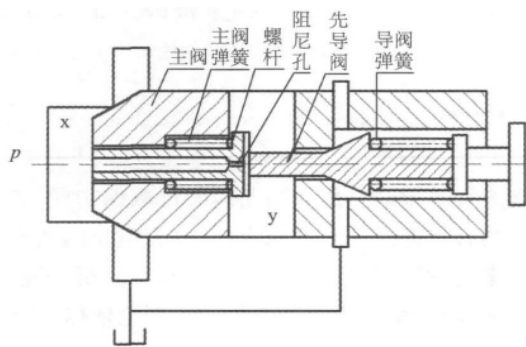


图 1 先导式溢流阀示意图

2 静态分析

2.1 主阀阀口节流方程

主阀阀口节流方程为:

$$Q_1 = C_1 \pi D_Z \sin \alpha_1 h_1 \sqrt{\frac{2g p_{x0}}{\gamma}}$$

式中, C_1 是主阀芯节流口的流量系数, D_Z 是主阀口直径, α_1 是主阀芯半锥角, h_1 是主阀开口量, p_{x0} 是主阀开启压力。

2.2 主阀芯受力平衡方程

主阀芯受力平衡方程为:

$$A_X p_{x0} = A_Y p_Y + K_2 x_2 + F_{s1} \mp F_f$$

式中, A_X 是主阀前腔承压面积; A_Y 是主阀后腔承压面积; K_2 是主阀弹簧的弹簧刚度; x_2 是主阀弹簧预压缩量; F_{s1} 是主阀上的稳态液动力; F_f 是摩擦力。

2.3 阻尼孔节流方程

阻尼孔节流方程为:

$$Q_4 = \sqrt{\frac{1}{14^2 \rho^2 \nu}} \sqrt{\frac{d_4^2}{l_4} a_4} \sqrt{(p_{x0} - p_{y0})}$$

式中, Q_4 是开启压力时的溢流量; ρ 是油液密度; ν

是油液的运动黏度; d_4 是阻尼孔直径; l_4 是阻尼孔长度; a_4 是阻尼孔面积; p_{y0} 是主阀开启时后腔压力。

2.4 导阀阀口节流方程

导阀阀口节流方程为:

$$Q_4 = C_2 \pi D_d \sin \alpha_5 h_5 \sqrt{\frac{2 p_{y0}}{\rho}}$$

式中, C_2 是导阀阀口流量系数; D_d 是导阀座平均直径 ($D_d = D_7 - D_5$, D_7 是导阀口直径; D_5 是导阀杆直径); α_5 是导阀半锥角, h_5 是导阀开口量。

2.5 导阀受力平衡方程

导阀受力平衡方程为:

$$K_{f6} (x_{f6} + h_5) = p_{x0} A_{3X} + A_d p_{y0} - F_{s5}$$

式中, K_{f6} 是导阀弹簧刚度; x_{f6} 是导阀弹簧预压缩量; A_{3X} 是螺杆在前腔的面积; A_d 是导阀座的过流面积; $A_d = \pi/[4(D_7^2 - D_5^2)]$; F_{s5} 是导阀上的稳态液动力。

对于先导式溢流阀,为了保证达到起闭性能要求,必须满足:

$$\frac{K_{f6} x_{f6}}{A_d} p_{xmax} \geq 0.85$$

经计算,溢流阀符合性能要求,有较好的起闭特性。

3 动态分析

根据先导式溢流阀的工作原理,通过 AMESim 中的 HCD 库构建溢流阀仿真模型,如图 2 所示。用该仿真模型分析阀的结构参数对阀动态性能的影响,以达到优化设计的目的。

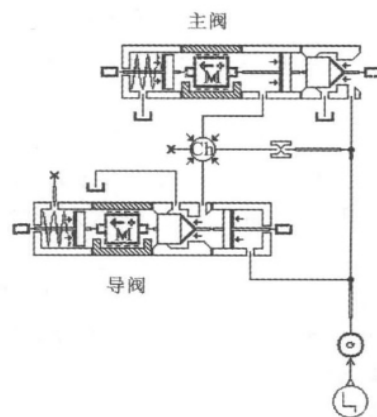


图 2 仿真模型

3.1 阻尼孔直径的影响

阻尼孔直径 d_4 分别取 0.4、0.6、0.8 mm,仿真时间取 0.1 s 时,得到的溢流阀主阀的动态特性 $p-t$ 曲线,如图 3 所示。

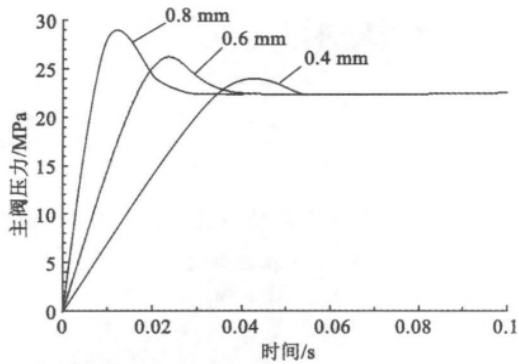


图3 不同阻尼孔直径时主阀的 $p-t$ 特性曲线
仿真表明,阻尼孔的直径对阀的动态特性影响很大。当 $d_4=0.4$ mm 时,主阀压力超调量较小,但是压力回升时间较长, $t=0.06$ s; 当 $d_4=0.6$ mm 时,压力回升时间 $t=0.04$ s,压力超调量为 17%; 当 $d_4=0.8$ mm 时,响应时间 $t=0.03$ s,压力超调量为 29%。综合考虑特性指标,选择阻尼孔直径 $d_4=0.6$ mm。

3.2 导阀座孔径的影响

改变先导阀座孔径,先导阀入口容积则相应的改变。 D_7 分别取 4、6、8 mm,仿真时间取 0.1 s,得到溢流阀主阀的动态特性 $p-t$ 曲线,如图 4 所示。

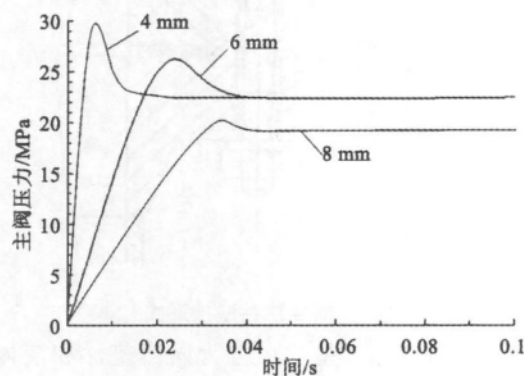


图4 改变先导阀座孔径时主阀的 $p-t$ 特性曲线

当 $D_7=4$ mm 时,压力回升时间 $t=0.02$ s,压力超调量为 33%; 当 $D_7=6$ mm 时,压力回升时间 $t=0.04$ s,压力超调量为 17%; 当 $D_7=8$ mm 时,先导阀入口容积太大,不需要很大压力就能达到卸荷的作用,使主阀压力不能达到工作压力,与溢流阀的设计目标不符合。故取先导阀座孔径 $D_7=6$ mm。

3.3 弹簧刚度和阀芯质量的影响

导阀弹簧的预压缩量和刚度按照对压力阀的定

压精度要求设计,预压缩量越大,阀的定压性能越好。主阀的关闭主要靠作用在主阀上的液压力,而设置主阀弹簧是为了在没有液压力的非工作状态时使主阀芯处于关闭位置,弹簧力仅需克服摩擦力。当保证弹簧预压缩力不变时,导阀和主阀弹簧刚度在较大范围变化时。溢流阀压力响应曲线基本没变化(图略)。从提高阀的定压精度和降低卸荷压力的角度出发,选择较小的弹簧刚度。

先导阀芯和主阀芯的质量受限于材料及其形状尺寸。在较大范围内变化时,溢流阀的压力响应曲线基本重合;因此,阀芯质量对阀的动态特性基本无影响。

4 结语

本文列出了某型先导式溢流阀的静态方程,通过计算分析,说明此溢流阀有较好的静态特性。通过 AMESim 软件对该阀进行建模和仿真,得出了阻尼孔、导阀座孔径等参数对溢流阀动态性能的影响,为该液压元件的优化设计提供了极具参考价值的理论依据。

参考文献

- [1] 郑淑娟,宋运运. 基于 AMESim 的直动式溢流阀的特性分析研究[J]. 煤矿机械,2011,32(12):76-78.
- [2] 武宗才,刘志奇,袁利才. 矿用卸荷溢流阀的建模与仿真研究[J]. 煤矿机械,2010,31(7):42-44.
- [3] 朱碧海,李壮云,贺晓峰,等. 直动式水压溢流阀工作稳定性的研究[J]. 机床与液压,2004(3):23-24.
- [4] 胡均平,刘兴农,罗春雷,等. 液压起重机过载保护系统的设计[J]. 中南大学学报:自然科学版,2005,36(5):841-845.
- [5] 付永领,齐海涛. LMS Imaine. 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.

* 甘肃省自然科学基金计划资助项目(1014RJZA023)

作者简介:杨国来(1963-),男,教授,主要从事液压元件及自动控制方面的教学与科研。

收稿日期:2012年09月10日

责任编辑 马彤