

先导式溢流阀泄漏量对其静态特性影响的仿真研究*

姜福祥¹, 郝凯元²

(1. 淮安信息职业技术学院 机电工程系, 江苏 淮安 223001 2. 东南大学 机械工程系, 江苏 南京 210096)

摘 要:应用 TK Solver 软件仿真研究先导式溢流阀内泄漏量对其静态特性的影响, 揭示了内泄漏量对开启压力、调压偏差的影响。其结果对合理确定配合间隙, 保证先导式溢流阀质量及降低制造成本具有重要的实际意义。

关键词: 先导式溢流阀; 静态特性; 内泄漏; 仿真

中图分类号: TH137.521 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-532X(2002)01-0015-03

先导式溢流阀内泄漏量是一项综合性性能指标, 其大小对其静态特性及制造成本有明显的影。本文应用 TK Solver 软件仿真研究内泄漏量对其静态特性的影响。其结果对合理确定配合间隙, 保证先导式溢流阀质量及降低制造成本具有重要的实际意义。

1 TK Solver 软件简介

TK Solver 是美国 UTS 公司的软件产品, 可广泛用于机械工程、电气工程、建筑设计、财务分析、基础科学等领域的计算分析^[1-2]。其主要组成部分及功能如下: 算式表(Rule Sheet)用于编程; 变量表(Variables Sheet)用于各变量赋值、输出及各变量与其它部分联系状态选择; 自定义函数表(Function Sheet)用于内置函数以外用户自定义函数; 变量值列表(List Sheet)用于保存单个变量的值; 单位换算表(Unit Sheet)用于变量输入、输出单位的换算; 变量值表(Table Sheet)可将各变量值存储在此表中; 作图表(Plot Sheet)用于作图设置及输出图形; 格式表(Format Sheet)主要用于变量类型及页面设置等操作; 注释表(Comment Sheet)用于注释。TK Solver 的解题方法主要有直接求解法(Direct Solving)、迭代求解法(Iterative Solving)、迭代求解法采用 Newton-Raphson 算法。

2 先导式溢流阀内泄漏的主要部位及当

量间隙

图 1 为二节同心式先导式溢流阀的工作原理图, 其内泄漏的主要部位在先导阀心与先导阀座配合处、主阀心与主阀座配合处和主阀心在主阀孔中滑动的导向处, 前二项为主要内泄漏部位。泄漏形式主要包括缝隙泄漏及多孔泄漏^[3]。在仿真建模时采用当量间隙计算, 上述不规则的泄漏形式形成的泄漏量等于用当量间隙算出的泄漏量^[4]。先导阀心与先导阀座孔配合处当量泄漏量 Q_{pvl} 、主阀心与主阀座配合处当量泄漏量 Q_{mvl} 、主阀心在主阀孔中滑动的导向处泄漏量 Q_{l3} 计算公式如下:

$$Q_{pvl} = Cd_{pv}\pi D_{pv}\delta_{pv}\sin\alpha\sqrt{2p_2/p}$$

$$Q_{mvl} = Cd_{mv}\pi D_d\delta_{mv}\sin\beta\sqrt{2p_1/p}$$

$$Q_{l3} = k_{l3}p_3$$

3 仿真数学模型

根据先导式溢流阀工作原理图, 建立仿真数学模型如下:

先导阀心所受弹性力方程

$$F_{ky} = C_{pv}(y_0 + y) \quad (1)$$

先导阀口通流面积方程

$$Av_{pv} = \pi(y + \delta_{pv})\sin\alpha[D_{pv} - 0.5(y + \delta_{pv})\sin 2\alpha] \quad (2)$$

* 收稿日期 2001-12-31

作者简介: 姜福祥(1962-), 男, 江苏淮安人, 淮安信息职业技术学院高级讲师, 东南大学在职硕士研究生, 主要从事机电液系统仿真、计算机控制研究工作。

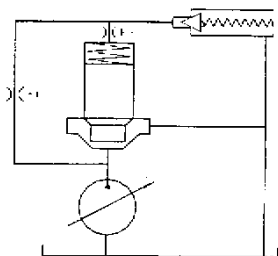


图 1 先导式溢流阀工作原理图

Fig.1 The schematic diagram of the pilot relief valve

先导阀口雷诺数方程

因 $D_{pv} \gg (y + \delta_{pv})$, 故先导阀口雷诺数方程近似为:

$$Re_{pv} = 2Q_{pv} / (\pi D_{pv} \nu) \quad (3)$$

先导阀口流量系数方程

$$Cd_{pv} = \begin{cases} Cd_{pv\max} & \text{当 } Re_{pv} \geq Re_{pvc} \text{ 时} \\ k_{pv} \sqrt{Re_{pv}} & \text{当 } Re_{pv} < Re_{pvc} \text{ 时} \end{cases} \quad (4)$$

先导阀心所受液动力方程

$$F_{fy} = 2Cd_{pv}^2 A_{vp} p_2 \cos \alpha \quad (5)$$

先导阀口流量方程

$$Q_{pv} = Cd_{pv} A_{vp} \sqrt{2p_2/p} \quad (6)$$

先导阀心力平衡方程

$$A_{pv} p_2 = F_{ky} + F_{fy} \quad (7)$$

主阀心在主阀孔中滑动的导向处泄漏量方程

$$Q_{l3} = k_{l3} p_3 \quad (8)$$

主阀心在主阀孔中滑动的导向处泄漏量与阻尼孔 R3 流量连续方程

$$Q_{R3} = Q_{l3} \quad (9)$$

阻尼孔 R3 雷诺数方程

$$Re_{R3} = 4Q_{R3} / (\pi D_{R3} \nu) \quad (10)$$

阻尼孔 R3 流量系数方程

$$Cd_{R3} = \begin{cases} Cd_{R3\max} & \text{当 } Re_{R3} \geq Re_{R3c} \text{ 时} \\ k_{R3} \sqrt{Re_{R3}} & \text{当 } Re_{R3} < Re_{R3c} \text{ 时} \end{cases} \quad (11)$$

阻尼孔 R3 流量方程

$$Q_{R3} = Cd_{R3} A_{R3} \sqrt{2(p_2 - p_3)/\rho} \quad (12)$$

先导阀腔流量连续方程

$$Q_{R1} = Q_{pv} + Q_{R3} \quad (13)$$

阻尼孔 R1 雷诺数方程

$$Re_{R1} = 4Q_{R1} / (\pi D_{R1} \nu) \quad (14)$$

阻尼孔 R1 流量系数方程

$$Cd_{R1} = \begin{cases} Cd_{R1\max} & \text{当 } Re_{R1} \geq Re_{R1c} \text{ 时} \\ k_{R1} \sqrt{Re_{R1}} & \text{当 } Re_{R1} < Re_{R1c} \text{ 时} \end{cases} \quad (15)$$

阻尼孔 R1 流量方程

$$Cd_{R1} = Cd_{R1} A_{R1} \sqrt{2(p_1 - p_2)/\rho} \quad (16)$$

主阀口通流面积方程

$$A_{mv} = \pi(x + \delta_{mv}) \sin \beta [Dd + 0.5(x + \delta_{mv}) \sin 2\beta] \quad (17)$$

主阀口流量方程

$$Q_{mv} = Cd_{mv} A_{mv} \sqrt{2p_1/p} \quad (18)$$

主阀口雷诺数方程

因 $D_{mv} \gg (x + \delta_{mv})$, 故主阀口雷诺数方程近似为:

$$Re_{mv} = 2Q_{mv} / (\pi D_{mv} \nu) \quad (19)$$

主阀口流量系数方程

$$Cd_{mv} = \begin{cases} Cd_{mv\max} & \text{当 } Re_{mv} \geq Re_{mvc} \text{ 时} \\ k_{mv} \sqrt{Re_{mv}} & \text{当 } Re_{mv} < Re_{mvc} \text{ 时} \end{cases} \quad (20)$$

主阀心所受弹性力方程

$$F_{kx} = C_m(x + x_0) \quad (21)$$

主阀心所受液动力方程

$$F_{fx} = 2Cd_{mv}^2 A_{mv} p_1 \cos \beta \quad (22)$$

主阀心力平衡方程

$$p_1 A_d = p_3 A_u + F_{kx} + F_{fx} \quad (23)$$

流量连续方程

$$Q_{pu} = Q_{mv} + Q_{R1} \quad (24)$$

以上诸式中 Cd —流量系数; Re —雷诺数; k — Cd 与 $\sqrt{Re}$ 的斜率; 下标 pv 、 mv 、 $R1$ 、 $R3$ 、 c —先导阀、主阀、阻尼孔 $R1$ 、阻尼孔 $R3$ 、临界值; F_{ky} 、 F_{kx} —先导阀、主阀弹簧弹性力; F_{fy} 、 F_{fx} —先导阀心、主阀心所受液动力; y_0 、 x_0 —先导阀、主阀弹簧预压缩量; y 、 x —先导阀心、主阀心位移; δ —当量间隙; C_{pv} 、 C_{mv} —先导阀、主阀弹簧刚度; D_{R1} 、 D_{R3} 、 D_{pv} 、 D_u 、 D_d —阻尼孔 $R1$ 、阻尼孔 $R3$ 、先导阀座孔、主阀心上、下端直径; A_{R1} 、 A_{R3} 、 A_{pv} 、 A_u 、 A_d —阻尼孔 $R1$ 、阻尼孔 $R3$ 、先导阀座孔、主阀心上、下端面积; A_{vp} 、 A_{mv} —先导阀、主阀通流面积; Q_{R1} 、 Q_{R3} 、 Q_{pv} 、 Q_{mv} 、 Q_{pu} —流经阻尼孔 $R1$ 、阻尼孔 $R3$ 、先导阀、主阀、泵的流量; p_1 、 p_3 、 p_2 —主阀下、上腔压力、先导阀腔压力; k_{l3} —主阀心在主阀孔中滑动的导向处泄漏系数; ρ 、 ν —液体密度、运动粘度; α 、 β —先导阀心、主阀座半锥角。

4 仿真结果

先导阀心与先导阀座配合处、主阀心与主阀座配合处、主阀心在主阀孔中滑动的导向处泄流量对主阀开启压力、调压偏差影响的仿真曲线如图 2~7 所示。

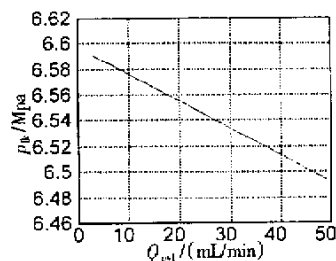


图 2 主阀开启压力——先导阀心与
阀座孔配合处泄流量仿真曲线

Fig.2 Cracking pressure curve as a function of
the leakage flow through the pilot poppet

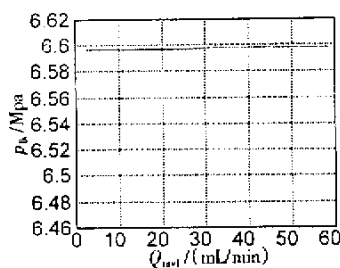


图 3 主阀开启压力——主阀心与
主阀座配合处泄流量仿真曲线

Fig.3 Cracking pressure curve as a function of
the leakage flow through the main poppet

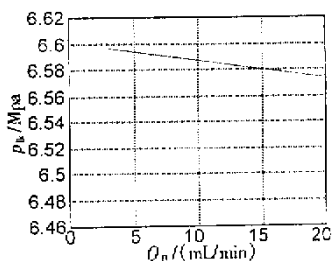


图 4 主阀开启压力——主阀心滑动
导向处泄流量仿真曲线

Fig.4 Cracking pressure curve as a function
of the leakage flow through the
slide guide place of the main poppet

由仿真曲线可算出: 先导阀心与阀座孔配合处泄流量每增大 1 mL, 主阀开启压力下降 0.0021 MPa; 主阀心与主阀座配合处泄流量对主阀开启压力影响较小; 主阀心滑动导向处泄流量每增大 1 mL, 主阀开启压力下降 0.00014 MPa。从以上分析可知: 泄流量对主阀开启压力稍有影响, 对调压偏差几乎不产生影响。

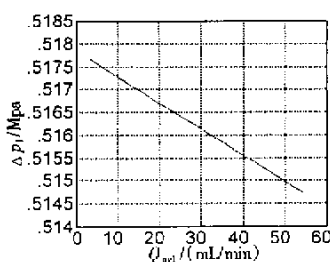


图 5 调压偏差——先导阀心与
阀座孔配合处泄流量仿真曲线

Fig.5 Override pressure curve as a function of
the leakage flow through the pilot poppet

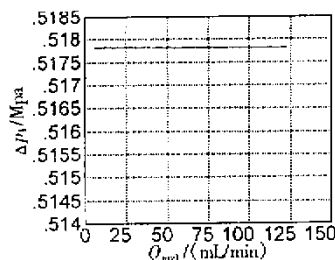


图 6 调压偏差——主阀心与
主阀座配合处泄流量仿真曲线

Fig.6 Override pressure curve as a function of
the leakage flow through the main poppet

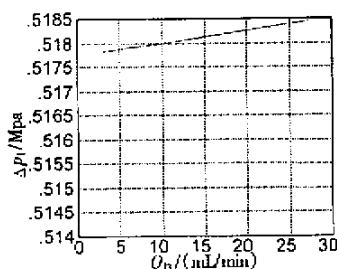


图 7 调压偏差——主阀心
滑动导向处泄流量仿真曲线

Fig.7 Override pressure curve as a function
of the leakage flow through the
slide guide place of the main poppet

压力变化影响较小; 主阀心滑动导向处泄流量每增大 1 mL, 主阀开启压力下降 0.00014 MPa; 先导阀心与阀座孔配合处泄流量每增大 1 mL, 调压偏差(流量等于 100 L/min 时进口压力与流量等于 10 L/min 时进口压力之差)下降 0.000057 MPa; 主阀心与主阀座配合处泄流量增大对调压偏差无影响; 主阀心滑动导向处泄流量每增大 1 mL, 调压偏差上升 0.000026 MPa。从以上分析可知: 泄流量对主阀开启压力稍有影响, 对调压偏差几乎不产生影响。

(下转第 31 页)

参考文献：

- [1] 地基处理编委会.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] 胡同安,杨晓刚,刘毅.水泥磷石膏固化剂的试验研究[A].吴同安,周吉丰,黄永翰,等.第七届土力学及基础工程学术会议论文集[C].北京:中国建筑工业出版社,1994.
- [3] John Bensted. Early Hrdration Behavior of Rortland Cement Containing Tratmo Gypsum[J]. Cen ,Conc ,Bes ,1982 ,2(11):121 - 124.
- [4] 黄新,周国钧.工业废石膏在地基加固中的应用[J].工业建筑,1994 (9):76.

Research on the Influences of the Content of Organic Matter on the Srength of Cement

PAN Yong-can¹, JIANG Ying-yu²

(1. Department of Constraction Engineering of Yancheng Institute of Technology ,Jiangsu Yancheng 224003 ,China ;2. Architeture De-
signing institute of Jintan City ,Jiang Jintan 213200 ,China)

Abstract :Through comparative tests on the strength of soil strengthened by cement and solidify agent composed of cement , fly-ash and phosphogypsom , the influences of organic matter , cement , fly-ash and phophogypsom on the strengthening soil were discussed and the measures for resisting the influences of organic matter were studied.

Keywords :cement ; strength ; organic matter ; test

(上接第 17 页)

5 结论

本文应用 TK Solver 软件仿真研究先导式溢流阀内泄漏量对其静态特性的影响。其结果与参

考文献[3]的实验结果基本一致,说明该仿真是正确的。可以相信仿真是研究泄漏量对液压系统静态特性影响的一种行之有效的办法。

参考文献：

- [1] 姜福祥.电液比例三通减压阀及先导式溢流阀静态特性仿真研究[D].南京:东南大学,2001.
- [2] 郁凯元,路甬祥.闭环控制先导比例溢流阀压力—流量特性计算机仿真[J].中国机械工程,2000 (6):658 - 660.
- [3] 刘冀民.溢流阀泄漏量对其静态特性影响的试验研究[J].机床与液压,1998 (4):67 - 69.
- [4] 姜福祥,郁凯元.先导式溢流阀压力—流量特性计算机仿真[J].机械设计与制造工程,1999 (5):39 - 40.

The Research on Internal Leakage Effect on Static Characteristic of Pilot-relief Valve by Simulation

JIANG Fu-xiang¹, YU Kai-yuan²

(1. Huaian College of Information Technology ,Jiangsu Huaian 223001 ,China ;2. Southeast University ,Jiangsu Nanjing 210096 ,Chi-
na)

Abstract :The internal leakage effect on static characteristic curves of the pilot-relief valve is simulated by using TK Solver. The internal leakage effect on cracking pressure and override pressure is revealed. It is important to help producer how to set clearances in order to both guarantee its quality and lower production cost.

Keywords :Pilot-relief valve ; Static characteristic ; Internal leakage ; Simulation