

弹簧劲度系数对单向阀开启过程的影响仿真研究

常玉连 李振海* 高 胜 肖易平 刘启蒙 詹冠杰

(大庆石油学院机械仿真与控制实验室, 大庆 163318)

摘 要 利用 FLUENT 软件 UDF 及动网格技术, 研究了弹簧劲度系数对单向阀开启过程影响, 结果表明: 开启过程中第一次往复振荡幅度相对较大, 第二次往复振荡后阀芯位置几乎稳定; 弹簧劲度系数与阀芯达到的最大位移、平衡位置位移呈线性递减关系; 阀芯达到最大位移处及平衡位置处所用时间随着弹簧劲度系数的增大逐渐减小; 稳定时入口和出口之间压差随着弹簧劲度系数的增加线性递增。

关键词 UDF 动网格 劲度系数 单向阀

中图法分类号 TH135; **文献标志码** A

由于阀门结构较复杂, 其流动参数难以测量。国内在实验方面的研究相对较少, 对管道流场的流动细节的测量基本没有。文献[1]对三种阀门(蝶阀、球阀、闸阀)的流噪声进行了实验研究。文献[2,3]分别对给水管网中阀门阻力和电动球阀流量特性进行了实验研究。但是他们针对阀门的流体仿真都是静态的。虽然文献[4]进行了非定常动态模拟, 但是他所采用的运动形式是人为给定的, 这样做无法模拟出真实情况, 因为有些阀门的开启是靠阀门入口与出口之间流体的压差来实现的, 而阀门的关闭是在阀门入口和出口之间没有压差或压差很小时, 靠安装在阀门上的弹簧来实现的。这些实际工况都是阀芯完全受流体载荷和弹簧载荷作用下的运动, 目前对这种更具实际意义的工况进行的研究还是一个空白。

本文采用 FLUENT 软件动网格技术, 对单向阀进行自由运动的动力学仿真分析, 并改变单向阀弹簧劲度系数进行对比仿真分析, 进而得到弹簧劲度系数对流体能量损失的影响规律。

1 几何模型

如图1, 为中心旋转对称几何模型(axisymmetric)网格。下面两条线为中心对称轴。高压水从左侧流入, 右侧流出。由于 FLUENT 软件计算域需为连续流场, 所以本文研究的阀门开启预留一个 0.25 mm 的缝隙(相当于阀芯水平方向移动 0.5 mm)。单向阀左侧安有弹簧, 劲度系数 5 000, 安装长度(也就是弹簧压缩变形量)3 mm。简化几何模型未画出弹簧。阀座与入口水平方向夹角 30°, 阀芯厚度 7 mm, 左侧入口处腔体水平长度 4 mm, 出口侧腔体水平长 21 mm。阀入口半径 20 mm, 出口半径 27.5 mm。

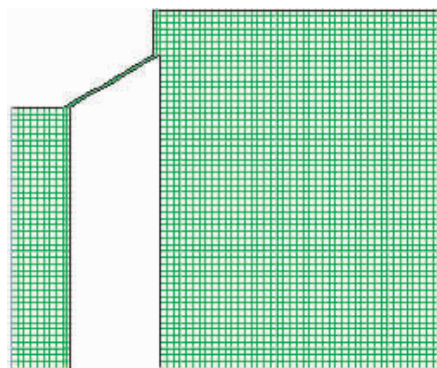


图1 简化的单向阀几何模型网格

2 仿真计算

2.1 数学模型

由于本文研究的单向阀流场属于高雷诺数湍流,故采用经典的标准 $k-\varepsilon$ 模型, SIMPLE 方法,以及标准的壁面函数法^[5]。

2.2 简化模型非稳态仿真计算

弹簧劲度系数 5 000,初始安装长度 0.003 m。入口速度 0.51 m/s。出口压力 1×10^7 Pa。由于开启过程用时较短,所以时间步长用 0.000 01s。

图 2 显示了单向阀开启过程局部网格的变化情况。

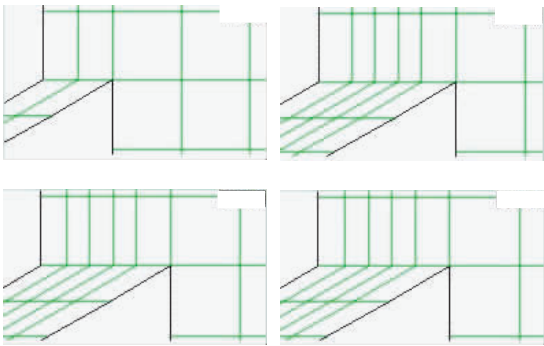


图 2 初始时刻、达到最大位置时刻、回到最小位置时刻、平衡时刻网格

2.3 弹簧劲度系数对开启过程的影响

单向阀开启过程:初始时刻,单向阀阀芯受到的水作用力大于弹簧的反向作用力,阀门逐渐开启,随着阀芯的移动,其受到的弹簧作用力逐渐增大,与此同时受到的水作用力逐渐减小,某一时刻两力平衡,但由于阀芯还有速度,会继续开启,接着做减速运动。当阀芯速度降到零时,阀芯达到最大位置,接着反向做加速运动,某一时刻又达到一个受力平衡点,然后继续运动到速度为零点,达到最小位置处。接着阀芯又在合力作用下加速开启,如此反复几次后最终达到平衡,阀芯静止在流场中。

– 为了分析单向阀开启的整个过程,本文利用 UDF 把阀芯达到的几个重要位置的数据进行保存,

这几个位置顺序是:来到力平衡位置、振动到最大位置、回到力平衡位置、振动到最小位置。当振动到最大位置与振动到最小位置的差值小于 1×10^{-6} m时停止迭代,此时可视阀芯静止在流场中。

在安装长度为 0.003 m 不变的情况下,研究劲度系数对单向阀开启过程的影响。以下针对劲度系数分别为 3 000、4 000、5 000、6 000 的情况进行研究。

图 3 分别为劲度系数为 3 000、4 000、5 000、6 000 时位移(纵轴,包括预留的 0.5 mm)与时间关系。可见开启过程中第一次往复振荡幅度相对较大,第二次往复振动之后阀芯位置几乎稳定。恰好说明了单向阀振动带有阻尼。弹簧劲度系数越大,阀芯达到最大位置以及平衡位置的位移越小。

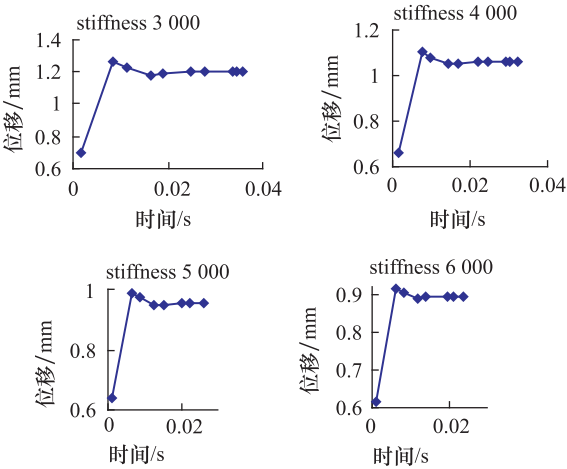


图 3 弹簧劲度系数与阀门开启位移的关系曲线

从图 4 中可以看出弹簧劲度系数与单向阀开启过程中最大位移呈线性递减关系,与平衡位置位移呈线性递减关系。

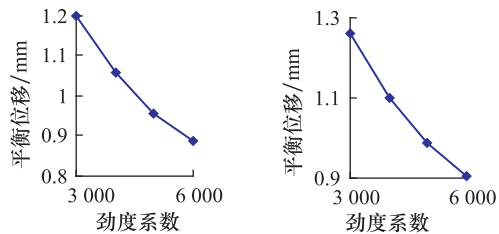


图 4 劲度系数与平衡时、至最大位置时位移关系

表 1 劲度系数与达到最大位置时间和平衡位置时间的关系

弹簧劲度系数	3 000	4 000	5 000	6 000
达到最大位置时间/s	0.008 470	0.007 510	0.006 640	0.006 450
达到平衡位置时间/s	0.035 910	0.032 260	0.026 090	0.023 930

从表 1 中可以看出,随着弹簧劲度系数的增大,阀芯开启过程中达到最大位移处及达到平衡位置处所用时间逐渐减小。

从图 5 可以看出,随着弹簧劲度系数的增加,单向阀稳定时入口和出口之间压差线性递增。

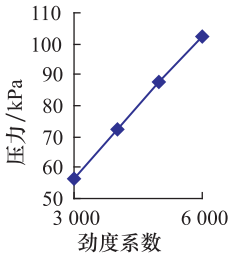


图 5 稳定时入口和出口之间压差与劲度系数关系

3 结论

(1)动网格技术很好的再现了单向阀非稳态自由开启过程,并且得到了很多有价值的结论。

(2)本文得到的重要结论可用来指导单向阀弹簧劲度系数的选取,同时本文给出了弹簧开启过程达到的最大位移及规律,可据此对单向阀减小单向阀右侧腔体长度,降低单向阀占用空间。

(3)由于本文没有在完全封闭的情况下实现开启,而是预留了一个很小的间隙,会对单向阀开启时间带来一定的误差,需要更为先进的处理方法来解决。但这种简化不会对平衡位置位移造成误差。

参 考 文 献

1 吴 石,张文平. 阀门流场的数值模拟及流噪声的实验研究. 阀门, 2005; (1): 7—10

2 伍悦滨,曲世琳,张维佳,等. 给水管网中阀门阻力实验研究. 哈尔滨工业大学学报, 2003; 35(11): 1311—1313

3 郑建光,刘长海. 电动球阀流量特性实验研究. 阀门,2005; (1): 17—19

4 刘华坪,陈 浮,马 波. 基于动网格与 UDF 技术的阀门流场数值模拟. 汽轮机技术,2008; 50(2):106—108

5 江 帆,黄 鹏. Fluent 高级应用与实例分析. 北京: 清华大学出版社,2009;10—45

The Simulation of the Impact on the Opening of One-way Valve due to Spring Stiffness Coefficient

CHANG Yu-lian, LI Zhen-hai^{*}, GAO Sheng, XIAO Yi-ping, LIU Qi-meng, ZHAN Guan-jie
(Daqing Petroleum Institute, Mechanical Simulation and Control Lab, Daqing 163318, P. R. China)

[Abstract] The method of UDF and dynamic mesh of FLUENT software is used to research the impact on the opening of one-way valve due to spring stiffness coefficient. The results indicate that the reciprocating vibration amplitude is large relatively for the first time, the valve core is almost stable for the second time. The balance displacement and the maximum displacement which the valve core got will reduce linearly when the spring stiffness coefficient increase. The time which the valve core takes by reaching the balance position and the maximum position will reduce linearly when the spring stiffness coefficient increase. When the flow field is steady, the net pressure between inlet and outlet will increase linearly when the spring stiffness coefficient increase.

[Key words] UDF dynamic mesh stiffness one-way valve