

基于 Fluent 流场仿真的气动 电磁阀气道结构改进

张功晖¹ 黎志航² 周志鸿¹

(1.北京科技大学土木与环境工程学院,北京 100083; 2.广东肇庆爱龙威机电有限公司,广东肇庆 526238)

摘要:利用 Fluent 对气动电磁阀的三维稳态流场进行仿真,流场仿真结果表明,现有结构的气道 1 与气道 2 相贯处流场变化剧烈,压力损失较大。扩大气道 1 孔径以增大相贯处的通流截面积,减少压力损失,平缓流场,增大了通过电磁阀的空气流量。制作样品,并对样品改进前后的流量进行实际测量,验证数值仿真的正确性。

关键词:Fluent; 气动阀; 结构改进; 流量

中图分类号:TH138.52

文献标识码:A

文章编号:1008-0813(2010)06-0017-04

Air-passage Structure Improving of Pneumatic Electromagnetic Valve Based on Flow Field Simulation withing Fluent

ZHANG Gong-hui¹ LI Zhi-hang² ZHOU Zhi-hong¹

(1.Civil&Environment Engineering school of University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083 China; 2.Guangdong Zhaoqing L&V Co.,Ltd, Zhaoqing 526238, China)

Abstract: This thesis applies Fluent to simulate the 3D steady flow field of pneumatic electromagnetic valve, and the simulation results indicates that the flow field changes tempestuously of the intersecting of air-passage 1 and air-passage 2, and large pressure-loss. It raises flow rate of valve withing enlarging the diameter of air-passage 1 to expand the area of the intersecting, make less pressure-loss and ease the flow field. In order to check the simulation results, it maks samples and measures flow rate before improving and after.

Key Words: fluent; pneumatic electromagnetic valve; improving of structure; flow rate

0 问题描述

汽车座椅气动按摩系统主要由气泵、电磁阀与气袋组成,电磁阀结构三维图如图 1 所示。

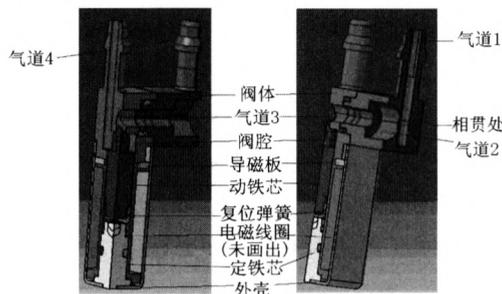


图 1 电磁阀三维结构图

图 2 为电磁阀原理图,系统工作时,气泵输出的压缩空气从气道 1 进入,经由气道 2、气道 3,当给电磁线圈通电后,由于电磁吸力的作用,动铁芯向下移动,电磁阀开启距离为 5mm,压缩空气进入阀腔,经气道 4 进入气袋。

电磁阀的性能要求在气道 1 进口出表压力为

10kPa, 气道 4 出口处为大气压的情况下,流量应 $\geq 6.5\text{L/min}$ 。而现有生产的产品流量没有达到这一要求,因此有必要对电磁阀的流场分布进行分析和改进。

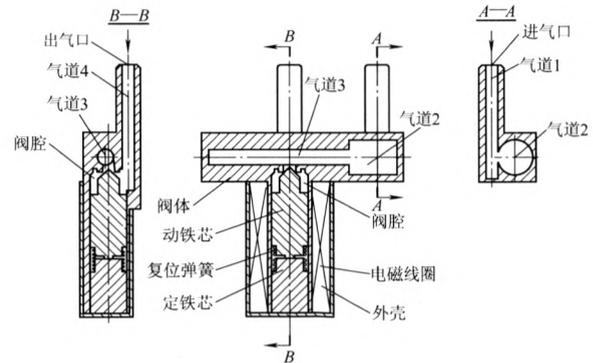


图 2 电磁阀原理图

1 数值仿真

1.1 数值计算

1.1.1 三维模型的建立

根据图 3 的气道详细尺寸图,利用前处理软件 Gambit 对气动电磁阀的气道进行三维几何建模,其中考虑到后续流量测量实验的实际情况,建模时在气道 1 入口处外接了一段长为 5mm,管径为 2mm 的钢管模型,气道三维几何模型如图 4 所示。

收稿日期:2009-12-22

作者简介:张功晖(1986-),男,北京科技大学 2008 级硕士研究生,流体力学专业;主要研究方向:流体传动及其仿真技术。

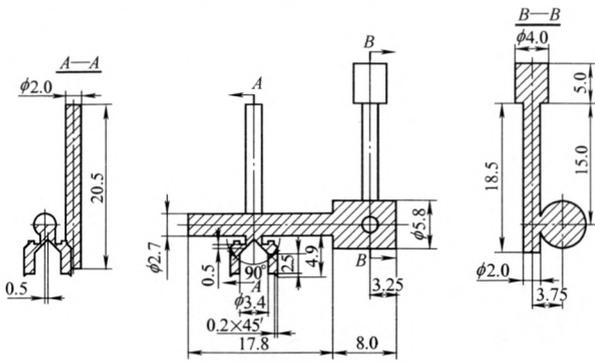


图3 气道详细尺寸图

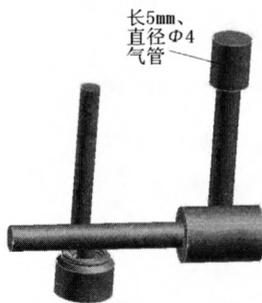


图4 气道三维几何模型

1.1.2 网格划分及边界条件类型的设定

直接采用体网格划分方式对三维几何模型进行网格划分,网格尺寸为0.25mm,网格单元和类型分别为Hex/wedge和cooper,网格划分如图5所示。

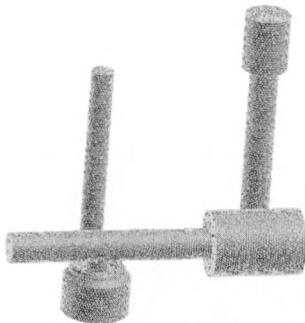


图5 气道网格划分图

网格划分完成以后,须对边界条件类型进行设定:将气管的上端面设为压力入口,电磁阀气道4出气口设为压力出口,输出网格文件。

1.1.3 求解设置

使用Fluent 3D稳态隐式求解器,输入网格文件,将尺寸单位改为mm,选择 $k-\epsilon$ 湍流模型。本文假设空气为不可压缩,且空气从入口到出口的流体时间极短,来不及与外界发生热交换,可看作是绝热流体,因此本文没有求解能量方程^[2]。

材料属性和操作条件均使用程序默认:空气密度 $\rho=1.225\text{kg/m}^3$,空气动力黏度 $\mu=17.894\times 10^{-6}\text{kg/(m}\cdot\text{s)}$,操作压力为 $101.325\times 10^3\text{Pa}$ 。

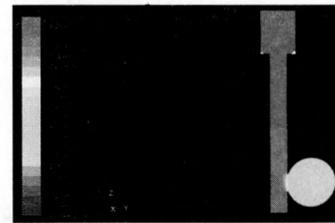
设置入口总压为10Pa,出口压力默认为0Pa,气管及电磁阀气道内壁粗糙度值为0.0032mm。

把收敛准则均设为0.001,设置迭代次数为1000次,对入口进行初始化,然后进行迭代求解。经过一定的迭代次数后,结果收敛,求解完成。

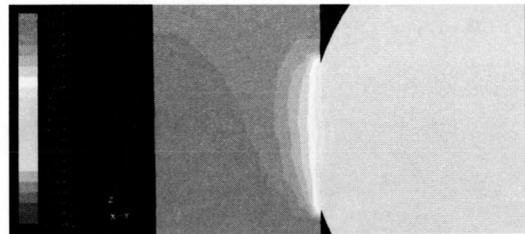
1.2 计算结果

1.2.1 压力云图

通过建立辅助平面的方法可以观察到相应截面的压力分布情况,对计算结果进行初步判定后发现在气道1与气道2相贯处压力损失最为严重。图6~图11是电磁阀其他尺寸不变,气道1孔径取不同值时的相贯处中心截面(图3中B-B截面)压力分布云图及相贯处局部放大压力云图。

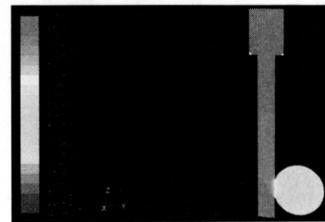


(a) 气道1与气道2相贯处中心截面压力云图

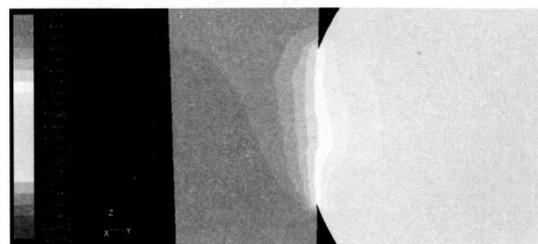


(b) 气道1与气道2相贯处局部放大压力云图

图6 气道1孔径为2.0mm时的压力云图

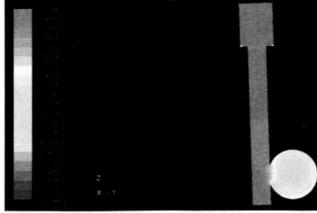


(a) 气道1与气道2相贯处中心截面压力云图

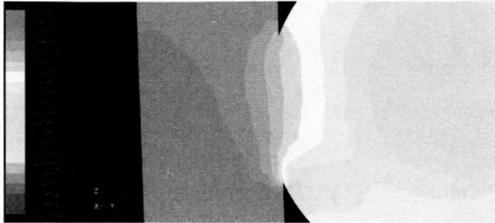


(b) 气道1与气道2相贯处局部放大压力云图

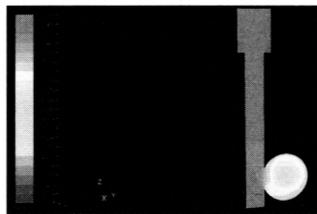
图7 气道1孔径为2.1mm时的压力云图



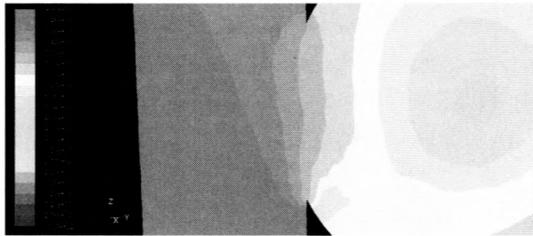
(a) 气道 1 与气道 2 相贯处中心截面压力云图



(b) 气道 1 与气道 2 相贯处局部放大压力云图
图 8 气道 1 孔径为 2.2mm 时的压力云图



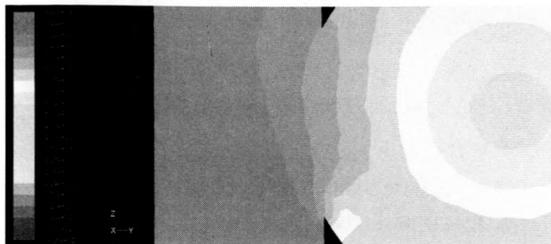
(a) 气道 1 与气道 2 相贯处中心截面压力云图



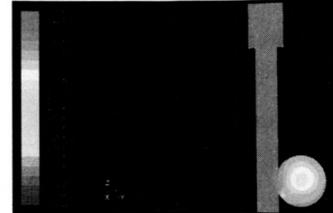
(b) 气道 1 与气道 2 相贯处局部放大压力云图
图 9 气道 1 孔径为 2.3mm 时的压力云图



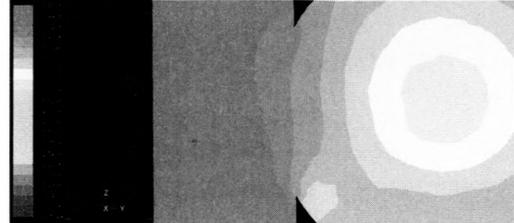
(a) 气道 1 与气道 2 相贯处中心截面压力云图



(b) 气道 1 与气道 2 相贯处局部放大压力云图
图 10 气道 1 孔径为 2.4mm 时的压力云图



(a) 气道 1 与气道 2 相贯处中心截面压力云图



(b) 气道 1 与气道 2 相贯处局部放大压力云图
图 11 气道 1 孔径为 2.5mm 时的压力云图

1.2.2 压力损失与流量计算

为了定量描述进气道 1 与气道 2 相贯处的压力损失,利用 Fluent 后处理中的表面功能创建如图 12 所示的两个辅助截面,再利用 Fluent 的后处理中的报告面积积分功能对截面 1 和截面 2 的压力进行面积积分平均计算得到各自的平均压力,分别为 p_{1ave} 、 p_{2ave} ,再计算出两截面间的压力损失: $\Delta p_{12} = p_{1ave} - p_{2ave}$;

及其占进出口压差之间的百分比: $k = (\Delta p_{12} / 10 \text{kPa}) \times 100\%$ 。

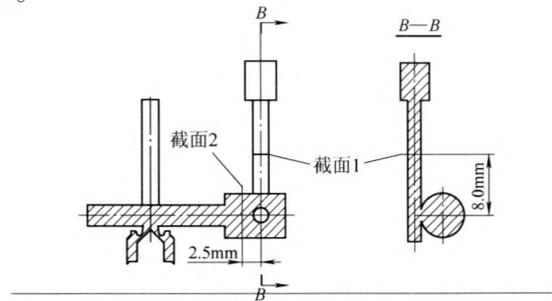


图 12 辅助截面示意图

同样利用报告功能,可以得到电磁阀体积流量,表 1 为气道 1 孔径取不同值时截面 1 和截面 2 之间压力损失及其占进出口压差的百分比及对应的流量。

表 1 不同孔径时截面 1 和截面 2 之间压力损失及其占进出口压差的百分比与流量

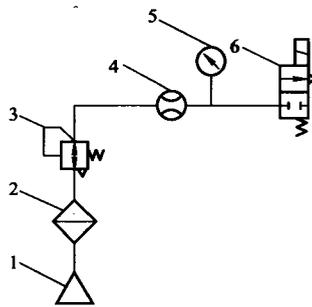
气道 1 孔径/mm	$\Delta p_{12}/\text{kPa}$	百分比 (%)	流量/(L/min)
2.0	5.3	53	5.60
2.1	4.0	40	6.42
2.2	3.1	31	6.84
2.3	2.5	25	7.44
2.4	2.1	21	7.74
2.5	1.9	19	7.98

从压力云图以及表1可以发现,当气道1孔径为2.0mm时,相贯处压力变化剧烈,压力损失严重,导致电磁阀流量很小;当逐渐增大孔径后,压力变化也逐渐变平缓,压力损失减小,使电磁阀流量增大。可见,气道1与气道2相贯处通流截面过小是影响了电磁阀的流量的主要因素。

从表1还可以知道,当气道1孔径 $\geq 2.2\text{mm}$ 时,流量 $>6.5\text{L/min}$ 。考虑到零件的尺寸公差、实际加工的误差,以及现有产品气道1气壁的强度等因素,决定将气道1孔径由现有的2.0mm扩大至2.3mm。

2 实验验证

为了验证数值仿真计算的正确性,制作了5个样品,将其气道1孔径由2.0mm扩大至2.3mm,并按照如图13所示原理组装了一套流量测量系统,通过气管将系统压缩空气接入电磁阀气道1的进气端,给电磁阀通电使其阀芯达到全开状态,调节减压阀使表5压力达到10kPa,对改进前后的流量进行测量。



1-气源 2-空气过滤器 3-减压阀 4-数显流量计
5-数显压力表 6-被测电磁阀

图13 流量测量系统原理图

改进前后流量实际测量结果如图14所示。

图14的测量结果表明,将气道1孔径由现有的2.0mm扩大到2.3mm,流量由原先的全部 $<6.5\text{L/min}$ 提高到 $>6.5\text{L/min}$,达到了预期的效果,验证了数值计算的正确性。

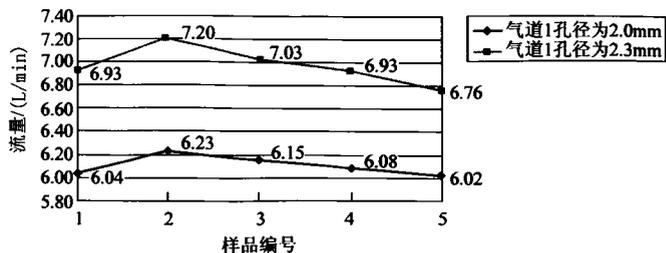


图14 改进前后流量实际测量结果图

3 结束语

本文采用流体仿真软件Fluent对气动电磁阀气道进行流场仿真,从而对气道结构进行改进,得到以下结论:

(1)通过对压力场的观察,发现现有产品的气道1与气道2相贯处通流截面过小导致压力变化剧烈,压力损失严重,致使电磁阀流量小。

(2)通过对气道1孔径不同的取值进行仿真计算,根据所得结果,以及考虑到尺寸公差等因素的影响,将气道1孔径由2.0mm扩大至2.3mm,增大了电磁阀流量,满足了设计要求。

参 考 文 献

- [1] 赵阳,郑政宝.基于流场仿真的多路阀流道结构优化[J].机电工程,2007(6):86-88.
- [2] 王福军.计算流体动力学分析—CFD软件原理与应用[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 韩占忠,王敬,兰小平.Fluent流体工程仿真计算实例与应用[M].北京:北京理工大学出版社,2004.
- [4] 韩宁.应用Fluent研究阀门内部流场[D].武汉:武汉大学硕士学位论文,2005.
- [5] 张明明,黄琦.基于Fluent的机械密封腔内流场数值计算[J].通用机械,2008(3):40-43.
- [6] 马莹雪,孙得川.电磁阀内部流场数值模拟[J].机床与液压,2008(1):111-131.
- [7] 容琼,吴静萍,姜曼松.圆管内流体的数值模拟[J].中国水运,2006(12):109-110.
- [8] 孙德志,杨周,刘伟丽,原建新.基于Fluent的不同喷嘴轮廓线形对流出系数影响分析[J].计量技术,2007(12):3-6.

(上接第12页)

集机械、液压、控制于一体的复杂系统得到了越来越广泛的应用。基于软件接口技术的协同仿真开辟了一条全新的仿真途径,能够更加准确的仿真实际的多领域系统。

参 考 文 献

- [1] AMESim7.0 User Manual. IMAGINE S.A., 2007.
- [2] 王沫然.Simulink 4建模及动态仿真[M].北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 石博强,等编著.ADAMS基础与工程范例教程[M].北京:中国

铁道出版社,2007.

- [4] 黄先祥,马长林,高钦和,李锋.大型装置起竖系统协同仿真研究[J].系统仿真学报,2007(1).
- [5] 董东双,邓洪超.基于AMESim和MATLAB/Simulink的液压变压器联合仿真研究[J].液压气动与密封,2009(6).
- [6] 孟令辉,占金春.机电液一体化虚拟样机建模与协同仿真技术研究[J].机械制造,2007(8).
- [7] 马长林,李锋,郝琳,张志利,黄先祥.基于Simulink的机电液系统集成化仿真平台研究[J].系统仿真学报,2008(9).