

调节阀流场 CFD 数值模拟与流道优化^{*}

贾汝民^{**}

(兰州石化职业技术学院)

张伟政

(兰州理工大学)

摘 要 应用三维建模软件对某一广泛应用的套筒型调节阀内部流场建立模型,通过前处理器生成计算网格,应用 CFD 软件进行离散求解,得到调节阀内部流场的可视化图形,数值模拟不同开度下流量,得到调节阀的流量特性曲线,并与试验测定的数据进行比较分析。结果表明,模拟值与试验值吻合较好,并对流道进行了结构优化,获得了能耗更低的流道结构。

关键词 调节阀 数值模拟 流量特性 结构优化

中图分类号 TQ55.8⁺1

文献标识码 A

文章编号 0254-6094(2009)02-0131-04

近年来,在阀门行业中 CFD 数值模拟计算已经开始应用,如在电站调节阀的设计及优化^[1~3],液压锥阀、大口径环喷式流量调节阀、ATS 调节阀^[4~7]等。

调节阀是过程控制系统中用动力操作去改变流体流量的装置,调节阀在调节系统中是必不可少的,它是组成工业自动化系统的重要环节。调节阀的品种多、规格多,可靠性差,调节阀的流量特性与工业过程被控对象特性不匹配,造成控制系统品质变差。调节阀是耗能设备,应降低调节阀的能耗^[8],提高能源的利用率,对流道中流线不连续的部位进行结构改进优化,使其流动性能更好。

1 调节阀结构及流道模型建立

1.1 调节阀结构与建模

文中采用某一型号套筒调节阀,其内部结构如图 1 所示,公称通径为 200mm,总长为 1 000mm。流体的流动方向为左进右出,通过调节阀芯的行程,可以改变套筒的流通面积,从而实现调节流量的目的。

利用三维建模软件,根据流道的几何尺寸和与套筒的装配关系,对流体流过的通道进行三维几何建模,针对不同开度分别建模。调节阀开度

为 90% 的几何实体模型如图 2 所示。

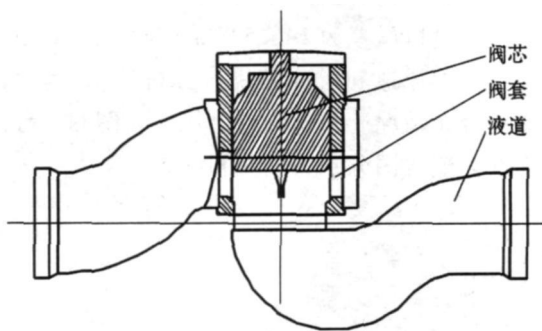


图 1 调节阀内部结构图

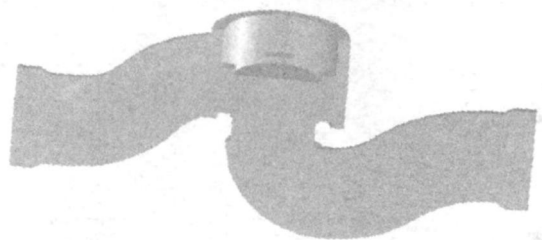


图 2 调节阀 90% 开度流道剖面示意图

1.2 网格划分

将三维几何实体导入 GAMBIT 进行计算前的处理工作^[9]。确定了计算域之后,用 GAMBIT 对其进行非结构化网格划分,流道网格划分采用四面体网格,划分后网格数为 18 万左右。调节阀开

* 甘肃省教育厅科研项目 (0715B-02)。

** 贾汝民,男,1953年3月生,副教授。甘肃省兰州市,730060。

度为 100% 的流道网格划分如图 3 所示。设定进出口的边界条件分别为压力进口和压力出口等。

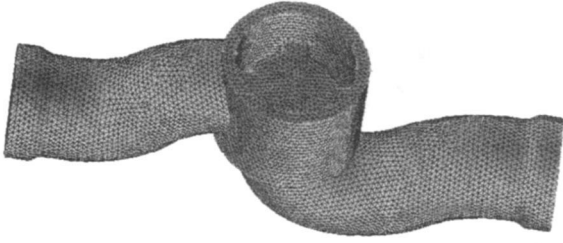


图 3 调节阀 100% 开度流道网格划分示意图

2 定常流动的数值模拟

将 GAMBIT II 导出的网格文件读入 FLUENT 后, 选择求解器, 求解方程及模型 (选用适合于工程问题的 $k\epsilon$ 标准湍流模型), 设置流体物性为水, 设置边界条件, 进行流场初始化, 设定控制参数及定义迭代次数等就可以得出求解结果。

2.1 开度 100% 时流场分析

对进出口压差为 146.538 kPa 条件下, 取该调节阀的全部流道和对称面进行分析, 研究其内部的流场分布情况。全部流道上压力云图和对称面上速度等值线图分别为图 4 和图 5。

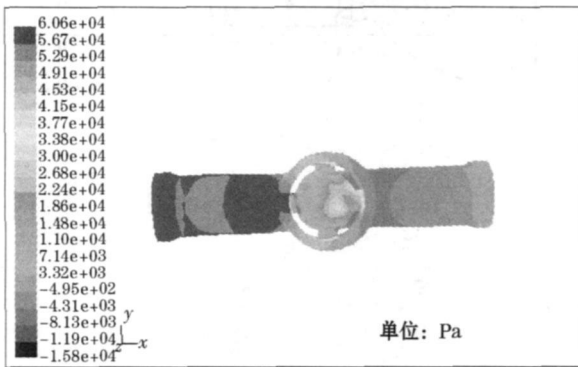


图 4 压力云图

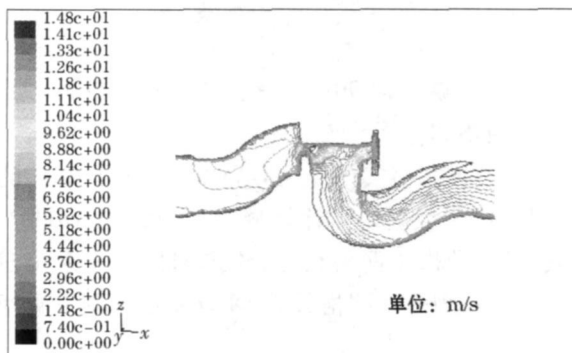


图 5 对称面上速度等值线图

从图 4 可以看出, 进、出口压力较为均匀, 分别为 146.538 kPa 和 0 左右, 进出口压差较大, 流道的压降主要用于克服调节阀前后的阻力。

从图 5 中可以看出, 进口流速比较均匀, 出口流速分布不是非常均匀, 大约都在 3 m/s 左右, 在阀道左下部和右上部阀道中, 有较大范围的涡动, 可以考虑改变流道进行优化。

2.2 不同开度下流量特性模拟

流量特性是指介质流过阀门的相对流量与相对开度的关系。调节阀的流量特性是调节阀的最重要的指标之一, 在前后压差不变时得到的是理想流量特性。取前后压差为 4 000 kPa 针对不同开度进行数值模拟, 计算结果如表 1 所示。

表 1 不同开度下模拟结果

开度	压差 / kPa	模拟流量 $\text{t} \cdot \text{h}^{-1}$	模拟速度 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	模拟流量 百分比
100	4 000	495.8	14.10	100.0
90	4 000	414.5	11.78	83.6
80	4 000	281.3	6.95	56.7
70	4 000	160.7	4.57	32.4
60	4 000	115.7	3.29	25.0
50	4 000	71.7	2.04	15.5
40	4 000	35.4	1.00	7.6
30	4 000	10.2	0.29	2.0

由不同开度下流量模拟得到理想流量特性曲线, 如图 6 所示。

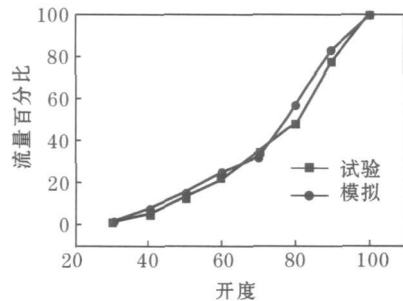


图 6 流量特性模拟与试验对比曲线

从图 6 可以看出, 数值模拟曲线和试验曲线基本吻合, 趋势基本一致。通过比较, 可以看出计算所得的该调节阀的流量特性是可靠的, 为优化设计奠定了基础。

3 流道改进优化及比较

在阀道内产生的旋涡形成剧烈紊动的分离回流区是水头损失的主要原因,前面数值模拟的结果说明用曲率较大的圆弧连接形成的阀门通道并不是很合理。鉴于此,考虑阀门的安装要求,只对阀门流道的下部和右半部分进行了改进,针对全开的情况下,以减小流道中的湍动能 k 和湍能耗散率 ϵ 为改进优化的目标,对套筒以下的全部流道进行了改进,使其横截面积减小。图 7、8 分别表示改进前和改进后 1、2 模型的对称面剖面图。

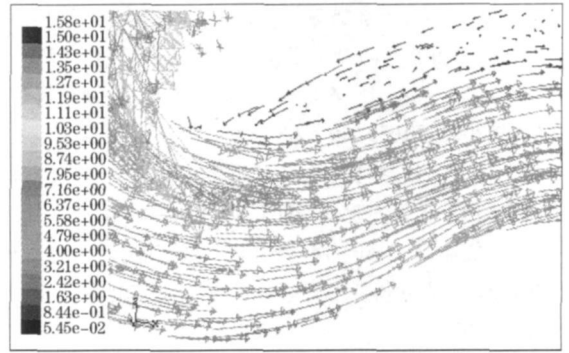


图 10 改进后对称面局部速度矢量图

明此处的流动情况有好的改善,在右侧阀道的流动过程中旋涡区域也变小了,说明改进后的模型也对阀门内流体的流动有较好的改善。表 2 为流道改进前、后的阀门内部流场的湍动能 k 和湍能耗散率 ϵ 的模拟结果比较。

表 2 改进前后流场的能量耗散数值模拟结果比较

参数	改进前	改进后	变化量 / %
$k / m^2 \cdot s^{-2}$	15.693	13.035	16.9
$\epsilon / m^2 \cdot s^{-3}$	1 157.143	1 190.750	2.9

由表 2 可以看出,改进后的湍动能 k 比改进前有所下降,湍能耗散率 ϵ 增大的幅度非常小,若以湍动能 k 和湍能耗散率 ϵ 作为优化的目标,则改进后的模型为最优模型。这与从可视化图形中得出的结果是一致的。

4 结论

4.1 在减小该调节阀流道中回流时,可以考虑适当减小下部及右半部分流道流通面积,可以有效减小流动中回流,从而减少流动的能量损失。

4.2 对于减少阀道内产生的旋涡形成剧烈紊动的分离回流区是减少流体通过阀门水头损失的较好的一种方法,该方法对其他类型阀门也具有指导意义。

参 考 文 献

- 1 王继宏,刘建军,崔永强等. 高压联合进汽阀门三维粘性流场数值分析. 工程热物理学报, 2000, 21(5): 573 ~ 575
- 2 陶正良,蔡定硕,严春雷. 电站调节阀内流场的三维数值模拟及实验研究. 工程热物理学报, 2003, 24(1): 63 ~ 65

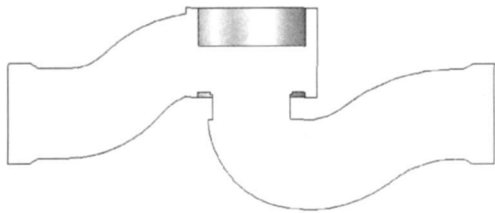


图 7 改进前的对称面剖面图

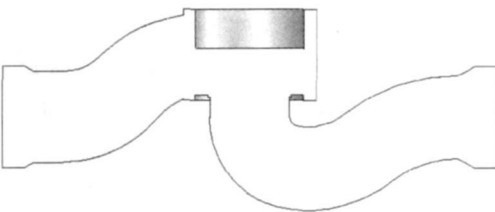


图 8 改进后的对称面剖面图

在全开状态下,仍以进、出口压差 146 538 kPa 为条件,取改进前、后的模型的全部流道和对称面进行分析,如图 9、10 所示,研究其内部的流场分布情况。

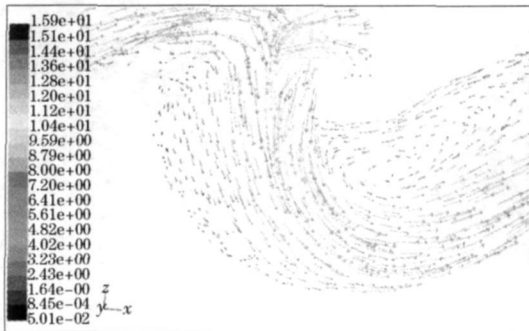


图 9 改进前对称面局部速度矢量图

通过图 9、图 10 可以看出,改进后的模型在阀门流道的左下部分也已经基本上没有旋涡,说

- 3 徐克鹏,蔡虎,崔永强等. 大型汽轮机主汽调节阀的试验与数值分析. 动力工程, 2003, 23(6): 2785~2789
- 4 王艳珍,于兰英,柯坚等. 水压锥阀流场的 CFD解析. 机械, 2003, 30(5): 20~22
- 5 杨国来,叶清,林男. 纯水液压锥阀阀口流场气穴的 CFD研究. 机床与液压, 2007, 35(1): 148~150
- 6 石娟,姚征,马明轩. 调节阀内三维流动与启闭过程的数值模拟及分析. 上海理工大学学报, 2005, 27(6): 498~502
- 7 冯卫民,韩宁. 大口径环喷式流量调节阀数值模拟优化. 武汉大学学报(工学版), 2006, 39(1): 76~79, 105
- 8 张伟政,俞树荣,张希恒等. 调节阀内部流场的数值模拟与试验分析. 兰州理工大学学报, 2008, 34(3): 65~68
- 9 韩占忠,王敬,白小平. FLUENT流体工程仿真计算实例与应用. 北京: 北京理工大学出版社, 2004

(收稿日期: 2008-11-17)

Numerical Simulation of Computational Fluid Dynamics (CFD) and Optimum of Flow Channels in the Flow Field of Control Valves

JIA Run jia, ZHANG Weizheng

(1 Lanzhou Petrochemical College of Vocational Technology, Lanzhou, 730060, Gansu, China)

(2 Lanzhou University of Technology, Lanzhou, 730050, Gansu, China)

Abstract A model was founded in the internal flow field of a widely used sleeve control valve using three-dimensional modeling software, a calculating grid was generated with a preprocessor, CFD software was used for discrete solution, and the visible drawing of the internal flow field of the control valve was obtained. The flow under various openings was numerically simulated, and the characteristic curve of the flow was obtained, and a comparison was made with the data measured with tests. The result shows that the simulation value is in good agreement with the test value. The structure of the flow channels was optimized and the structure of a flow channel with lower energy consumption was obtained.

Keywords Control Valve, Numerical Simulation, Flow Characteristic, Structure Optimum

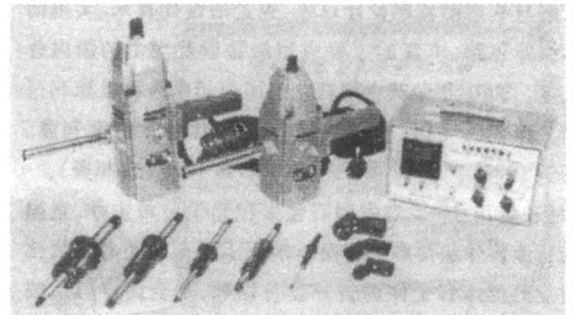
江苏省吴江市环宇胀管器有限公司

本公司专业制造各种胀管器和胀管机,该产品广泛用于锅炉、化机、电站、炼油、油脂等行业的制造、检修及安装,换热器、冷凝器、冷却器等压力容器的胀管,是上佳的胀接工具。

胀管器:直筒式、翻边式、轴承式、深孔式、深孔调节式等 12 种系列,2000 多种规格。

胀管机:P3Z1-13、19、25、38、51、76、102 等 7 种规格。

可胀接管径范围 $\phi 6 \sim 102\text{mm}$,管板厚度范围 10 ~ 400mm。用万向节头联接胀管器与胀管机,即可进行胀管工作,速度快,效率高。同时,提供各种规格的挖槽器、削平器及内节管器等。



地址:江苏省吴江市屯村镇南大街12号 邮编:215216 经理:俞建新

销售部电话:0512-63373381 传真:0512-63374198 手机:013801550860

联系人:梅丽华 <http://www.hyzgq.com> e-mail:huanyu@hyzgq.com

种类繁多 规格齐全 保证质量 信守合同 代办邮运 欢迎选购