

往复式压缩机吸气消音器流动状况的数值模拟

The CFD Simulation of the Suction Muffler of a Reciprocating Compressor

尹大燕

扎努西电气机械天津压缩机有限公司, 天津

摘要: 本文应用商用计算流体力学软件 STAR-CD, 对往复式压缩机吸气消音器内的流动状况进行了三维数值分析, 采用 SIMPLE 算法和高 Reynolds $k-\epsilon$ 湍流模型, 并对吸气消音器内的管路布置进行改进, 从而降低流动损失, 本文的研究工作为吸气消音器的设计在流体力学方面提供了依据。

关键词: 吸气消音器 数值模拟 STAR-CD

Abstract: In this paper, CFD software STAR-CD is used to do the simulation of the suction muffler of reciprocating compressor, SIMPLE algorithm and high Reynolds $k-\epsilon$ turbulence model was used. And we also do the modification on the shape of the pipe in order to reduce the flow loss base on the simulation results.

Key words: suction muffler, simulation, STAR-CD

1 前言

往复式压缩机中的吸气消音器主要用于降低由于压力波动产生的噪音, 根据消音器内部结构的不同, 吸气消音器^[1]分为一个腔, 两个腔, Helmholtz 共振腔, 管路共振等等不同的类型, 吸气消音器除了降低噪声以外, 内部管路的布置和结构对压缩机内制冷工质的流动也有很大的影响, 从而影响压缩机的性能, 本文利用 CFD 通用软件 STAR-CD, 对往复式压缩机吸气消音器在吸气过程中制冷工质在消音器管路内的流动进行三维数值模拟研究, 在不影响消音器声学性能的基础上对内部管路的布置进行改进, 从而降低制冷工质通过吸气消音器的流动损失。

2 模型的建立及边界条件的确定

2.1 几何模型的建立

图 1 是吸气消音器的结构示意图,根据消音器的 CAD 实体模型,取消音器内表面生成几何模型,考虑到内部连接件的复杂性,为了节约计算时间,减少网格数量,在不影响模拟精度的前提下,对内部的结构及非主流区域进行了简化处理.

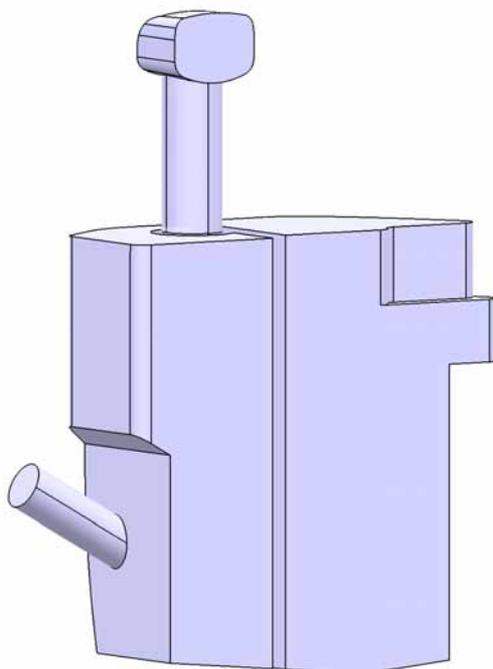


图 1 几何模型

由于导出的几何模型表面问题较多,在划分网格之前,利用 Pro-surf^[2]对导入的几何表面进行修复,并且生成高质量的表面网格,从而简化了在 pro-amm 中进行表面处理的工作.Pro-surf 是 CD-adapco 公司为 pro-star 专门开发的从 CAD 表面生成高质量表面网格的专用工具.经过处理的表面网格如图 2 所示.

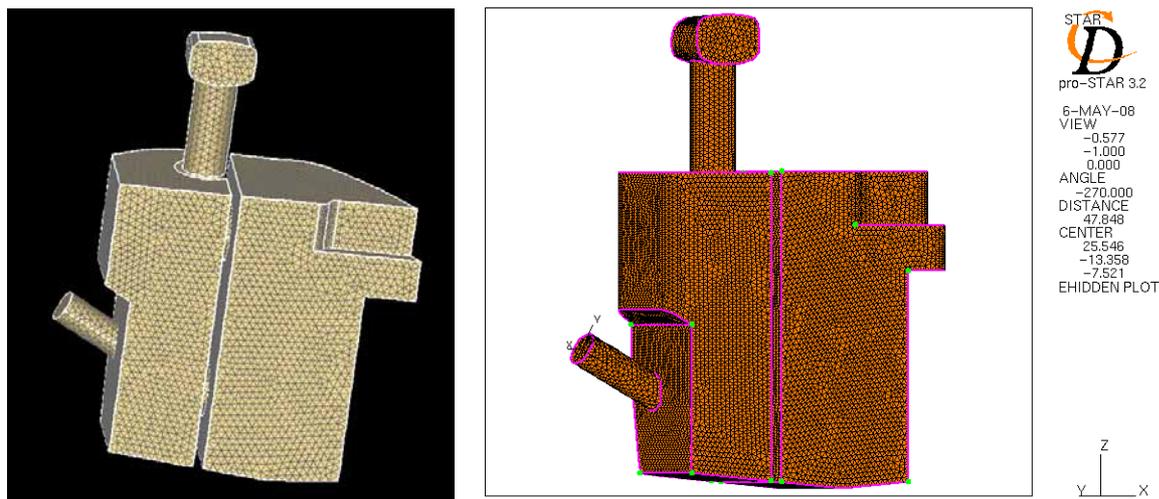


图 2 经 pro-surf 处理后划分的表面网格

2.2 计算网格的划分

网格划分是数值模拟的关键问题之一,网格生成的类型、质量直接影响到计算的精度,本文利用自动网格生成软件 Pro-amm 划分体网格,生成正交性比较好的六面体网格,整体的计算模型网格总数为 50 万,检查网格质量达到计算的要求,网格如图 3 所示。

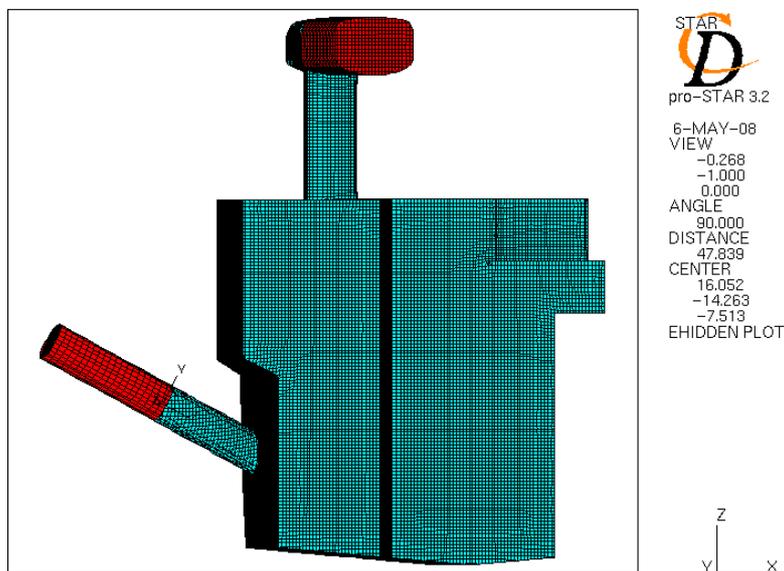


图 3 计算网格

2.3 湍流模型、工质属性及边界条件

本文采用 SIMPLE 算法和高 Reynold $K-\xi$ 湍流模型,在近壁区域用壁面函数处理。在计算时取工质为不可压缩流体,制冷工质为 R600a,工质物性如表 1 所示。

表 1 R600a 物性参数@T=35°C, P=62430Pa

P kg/m ³	Cv kJ/K*kg	v Pa*s	Conductivity w/m*k
1.437	1.576	7.728E-06	0.01691

边界条件:进口采用 Inlet 边界条件,给定进口流速,来流方向垂直与进口截面,紊流强度为 1%。出口为 outlet 边界条件。拉伸网格表面采用滑移壁面边界条件。

3 计算结果及分析

吸气消音器的原始模型在出口处由于管路轴心线曲率半径小,在弯管处由切相应力产生的沿程损失,尤其是在流动方向改变、流速分布变化中产生的局部损失较大,弯管的压力损失是由壁面摩擦、流动分离和次流因素造成的,管道弯曲程度越大,压头损失越大,弯曲管道阻力系数的计算不但与雷诺数有关,而且与管道的直径 d 及弯管轴心线的曲率半径 R 有关,通常用迪恩数来综合表示这种影响,迪恩数定义:

$$De = Re \sqrt{d/R}$$

由此可知,轴心线的曲率半径越小,阻力越大。

图 4,图 5 所示为改进前吸气消音器内部一段弯管内的压力场及速度场的分布,由图可以看出在弯管处的压力损失较大,并且弯管处的速度分布不均匀易导致边界层分离形成漩涡从而产生损失,因此对该段管路进行改进,增大弯管轴心线的曲率半径,对改进后的吸气消音器进行计算,如图 6,图 7 所示。可以发现弯管处的总压损失明显减小,速度分布较均匀。

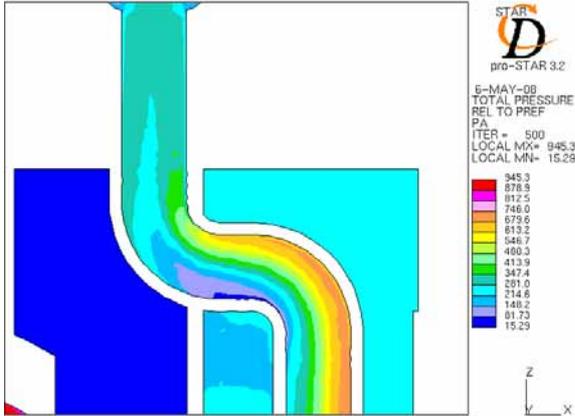


图 4 改进前的管道内的压力变化

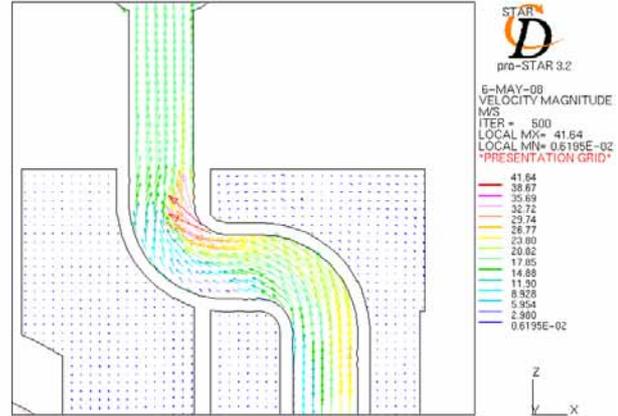


图 5 改进前管道内的速度场分布



图 6 改进后的管道内的压力变化

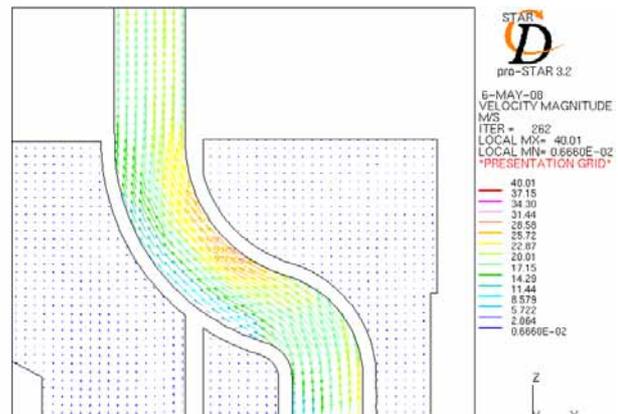


图 7 改进后管道内的速度场分布

4 结论

应用 STAR-CD 计算流体力学软件对吸气消音器内部管道的流场进行了分析。计算结果表明,内部管道流动,弯管处轴心线的曲率半径越大局部的流动损失越小,因此在设计吸气消音器时在满足声学要求的基础上尽量增大内部管路的曲率半径能提高压缩机的流动性能。

5 参考文献

- [1] 作者编 《书名》出版社名称 出版日期
- [2] 西迪阿特公司, STAR-CD 基础培训教程, CD-adapco, JAPAN, 2005 年 4 月