

护风罩搭配冷却风扇系统流场仿真分析

A Study on CFD simulation Analysis for system of Cooling fan shroud and fan

李勇

(陕西重型汽车有限责任公司)

摘要: 介绍了护风罩搭配冷却风扇的建模方法和求解技术, 利用 CFD 软件 STAR-CCM+, 对两款护风罩搭配风扇系统分别进行 CFD 仿真分析, 比较在相同空气流量下两种系统空气的流动情况。

关键词: CFD、STAR-CCM+、护风罩、冷却风扇

Abstract: Modeling and solution techniques for system of Cooling fan shroud and fan are present. Two systems of cooling fan shroud and fan are simulated by using CFD software Star-CCM+. Condition of air flow of two systems are compared in the same quantity of flow.

Key words: CFD、STAR-CCM+、cooling fan shroud、cooling fan

1 前言

风扇是发动机冷却系统的重要部件之一, 它的性能会直接关系到发动机的运转, 而风扇所消耗的功率占发动机的比例在 5%左右, 所以改变风扇的设计对节能有重要的意义。对于发动机冷却风扇的设计原则尽量减小其轴线尺寸, 从而提高风扇的效率。

以往对冷却风扇的设计方法主要是基于翼型理论的一元方法, 这种设计方法的缺点是开发新产品的周期长、成本较高。而 CFD 技术的发展成为风扇设计的全新方法, 它的优点在于在样品设计之前就可以预测出风扇的性能, 如各个位置的风速及压力分布。

2 两款挡风罩搭配风扇系统 CFD 对比分析

本文分析两款风扇的几何模型如图 1 所示,

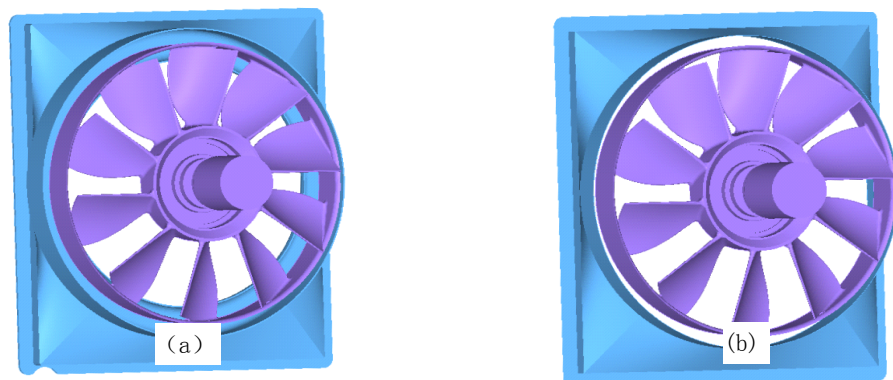


图 1 挡风罩搭配风扇系统几何模型

2.1 网格模型

由于风扇的模型较为复杂,在导入 STAR-CCM+时,要将一些对风扇流场影响较小的曲面去掉,将简化后的几何模型导入 Hypermesh 中,将护风罩搭配风扇系统划分为 Trim 网格,边界层网格数 6 层,网格数量为 480 万左右,划分的网格模型如图 2 所示。

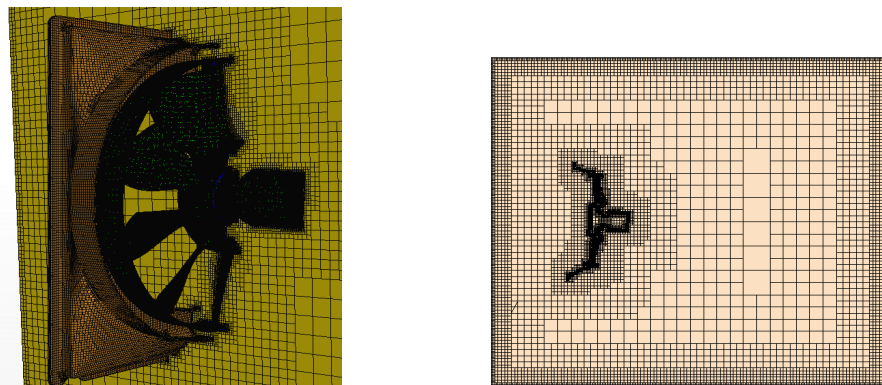


图 2 风扇及挡风罩的 Trim 网格划分

2.2 计算方法

本文对风扇的气动仿真方法采用 MRF 法,它是一种稳态的求解方法,风扇及挡风罩定义于旋转参考系中,而其他区域则定义在静止的坐标系中。这种方法的优点是占用计算机内存少,精度也可以满足一般地工程问题。

2.3 边界条件

模型的边界条件如图 3 所示,设定进口平面为压力的入口边界,并给定入口速度为 10m/s;出口平面设定为出口边界,给定静压为零;而风扇表面则设为旋转面的边界,转速根据实际情况定为 1500rpm;环境压力为 $1.01 \times 10^5 \text{Pa}$,环境温度为 18°C 。

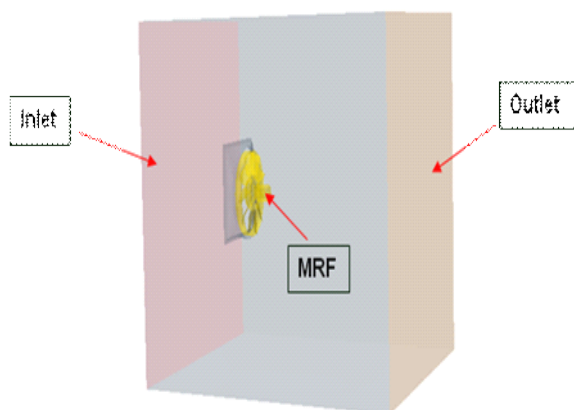


图 3 风扇及挡风罩的边界条件

2.4 计算结果及分析

a、b 两系统的计算结果如图所示。图 4 和图 5 分别为 a 系统的纵向中切面的速度分布及矢量分布图；图 6 和图 7 分别为 b 系统的纵向中切面的速度分布及矢量分布图；从图四和图五可以看出风扇的叶尖附近出现回流损失,对比图 5 和图 7 的红圈区域,可以明显看出 b 系统产生所产生的回流损失明显大于 a 系统,这是由于 b 系统的风扇与护风罩之间的间隙较大,叶间间隙应该控制在 2% 的风扇直径以内,否则将大大降低风扇的效率,所以对于 b 系统的改进建议是减小叶间间隙,或者在风扇的外端安装凸环。图 8 及图 9 是两系统的流线图,可以较直观的看出气流的流动情况。

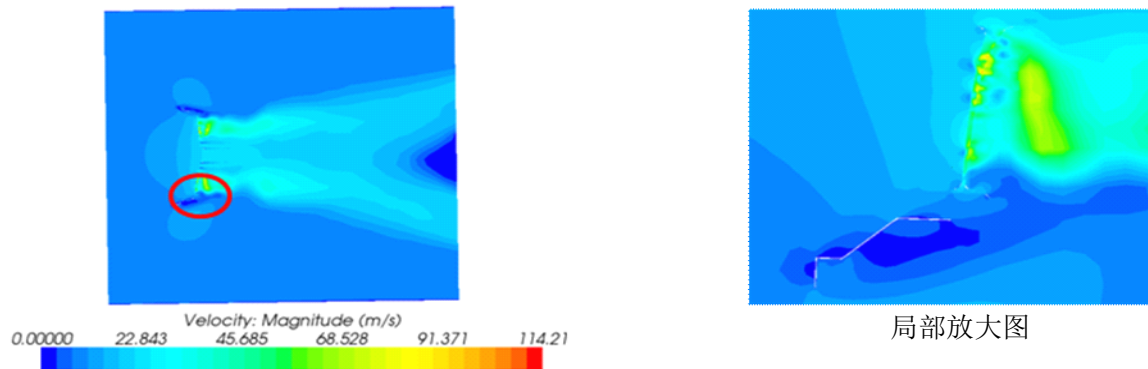


图 4 a 系统纵向中切面速度分布

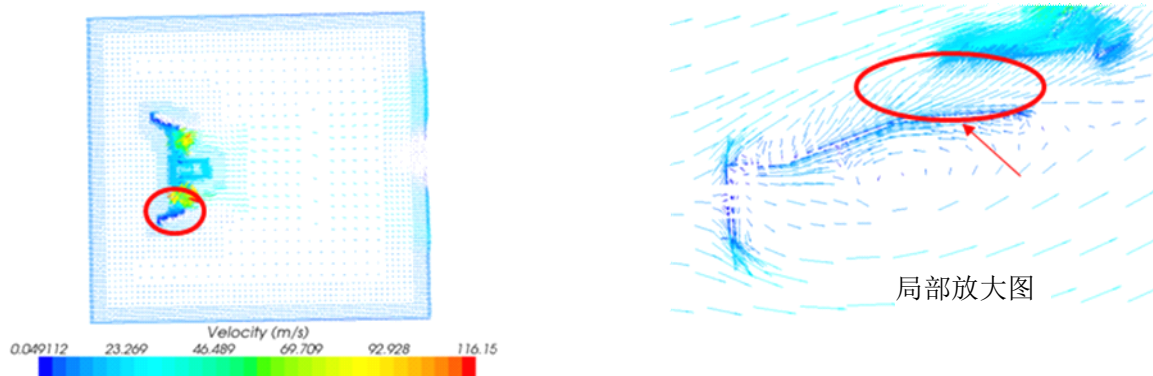


图 5 a 系统纵向中切面速度分布矢量分布

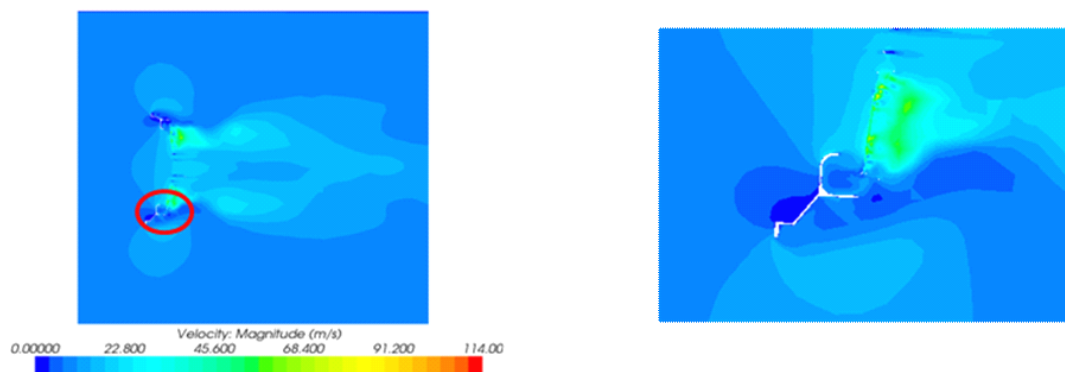


图 7 b 系统纵向中切面速度矢量分布

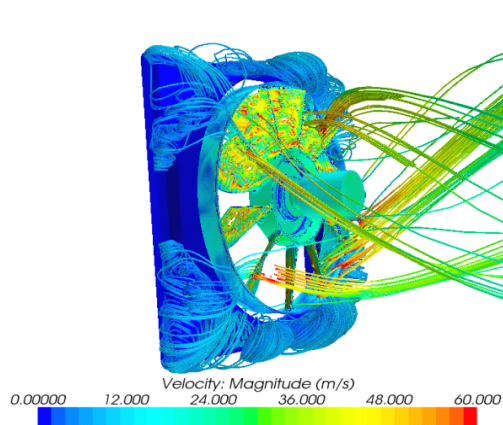


图 8 a 系统的流线图

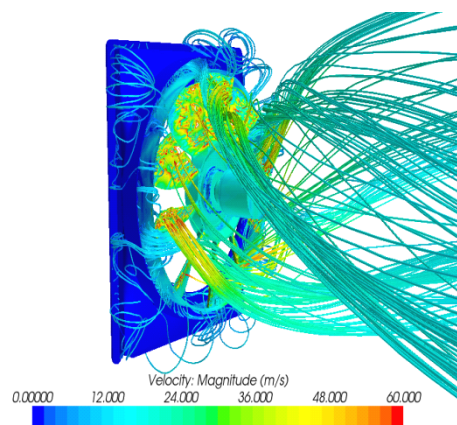


图 9 b 系统流线图

a、b 两系统的出入口的流量表 1 所示，可以看出 b 系统的出口流量略小于 a 系统的流量。

表 1 计算流量比较

名称	入口质量流量 (kg/s)	出口质量流量 (kg/s)
系统 a	61.386	61.346
系统 b	61.386	61.394

3 结论

借助 STAR-CCM+软件分别对 a、b 两款护风罩搭配风扇系统进行了流体动力学分析，获得了两种系统的流场分布，为风扇改进提供了设计指导。风扇与护风罩之间的间隙影响风扇的气动性能，适当的减小间隙能提高风扇性能。

5 参考文献

- [1] 张克危《流体机械原理》[M].北京：机械工业出版社，2000
- [2] 王福军《计算流体动力学分析》[M].北京：清华大学出版社，2004
- [3] 吴玉林，陈庆光，刘树红.《通风机和压缩机》[M].北京：清华大学出版社，2005
- [4] Wang A T.Ghazialam H S.Evaluation of the Multiple Reference Frame (M R F) Model in a Truck Fan Simulation[C].SAE Paper 2005-01-2061.