

长安某车型汽车外流场三维数值模拟

Aerodynamic Simulation Of The Changan Vehicle

李林 赵志明 严旭 杜祯

长安汽车工程研究总院 CAE 工程所

摘要: 应用 STAR-CCM+软件对长安汽车某款轿车进行整车空气动力学仿真分析。通过仿真分析发现了影响空气阻力系数的关键零部件,并对进气格栅,前唇和挡泥板进行了优化,改进效果明显。通过与试验的对比分析,结果拥有良好的一致性,验证了整车空气动力学仿真分析的有效性和可行性。

关键词: 汽车, 空气动力学, STAR-CCM+, 汽车外流场

Abstract: This paper introduces the Aerodynamic Simulation Analysis of one car of Changan Company using STAR-CCM+. We found the key parts that affect drag coefficient and it is better than before by optimizing the grille ,qianchun and fender .Contrasting analysis results on actual vehicle test verified the validity and feasibility of the Aerodynamic Simulation Analysis.

Key words: vehicle, Aerodynamic Simulation , STAR-CCM+, vehicle external flow

1 前言

由于高速公路的发展,汽车车速的提高,人们对汽车的操纵稳定性、安全性与舒适性提出了越来越高的要求。特别是伴随着地球上日益枯竭的石油资源,油价上涨等因素,使燃油经济性成为汽车技术的重要课题。汽车空气动力学特性直接影响汽车的动力性、燃油经济性、操纵稳定性、舒适性和安全性^[1]。汽车的气动阻力与车速的平方成正比,且气动阻力所消耗的功率和燃油又与车速的立方成正比。因而通过汽车空气动力学研究来降低汽车气动阻力、提高发动机燃烧效率、改进发动机冷却效果,不仅可以提高汽车动力学性能,而且还可改善燃油经济性。对于高速行驶的汽车,因为气动力对其各性能的影响占主导地位,所以良好的空气动力稳定性以及通过空气动力学途径提高制动器效能是汽车高速、安全行驶的前提。

随着计算机技术和湍流理论的发展,计算流体力学被运用到汽车空气动力学研究中。汽车外流场数值模拟就是利用数值模拟的方法对汽车行驶中的外流场进行分析,与研究方法结合,有效地改善汽车性能、节约研究资金、提高研究效率。

本文利用计算流体力学软件STAR-CCM+对长安自主品牌汽车某车型进行了空气动力

学CFD计算,并详细分析了汽车表面压力分布,通过仿真分析发现了影响空气阻力系数的关键零部件,并对进气格栅,前唇和挡泥板进行了优化,改进效果明显。并与风洞试验结果进行了对比,结果拥有良好的一致性,验证了整车空气动力学仿真分析的有效性和可行性。

2 理论基础

控制所有流体流动的基本定律是:质量守恒定律、动量守恒定律和能量守恒定律。由它们可以分别导出连续性方程、动量方程(又称纳维尔-斯托克斯方程)和能量方程。由它们联立得到纳维尔-斯托克斯方程组,简称N-S方程组,N-S方程组是流体流动所需遵守的普遍规律。现在工程中应用最广泛的是雷诺时均N-S方程^[2]。求解偏微分方程的数值方法主要分为有限差分法、有限元法及有限体积法3种^[3]。STAR-CCM+使用的是有限体积法。

3 建立计算模型

3.1 几何模型

对车体表面及发动机舱内部进行适当的简化处理,并对关键零部件进行不同程度的细化。几何模型如图1所示,建立计算域如图2所示。

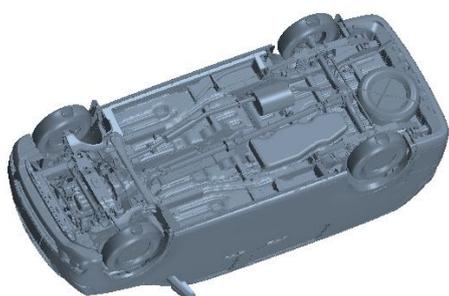


图1 车体几何模型

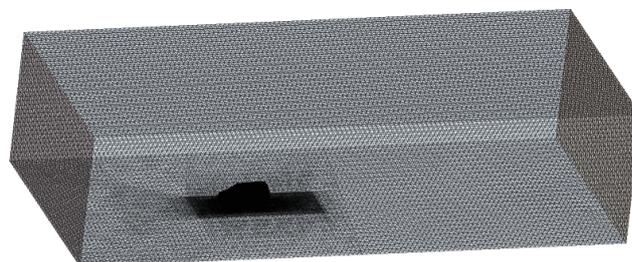


图2 计算域

本文采用hypermesh进行几何清理和划分面网格,采用STAR-CCM+包面,remesh,划分体网格和计算。在车体表面,底盘和发动机舱的不同区域采用不同的网格尺寸,有利于提高计算精度和计算的收敛性与稳定性。下图3为中截面体网格分布,图中所示对关键部分进行了加密处理。

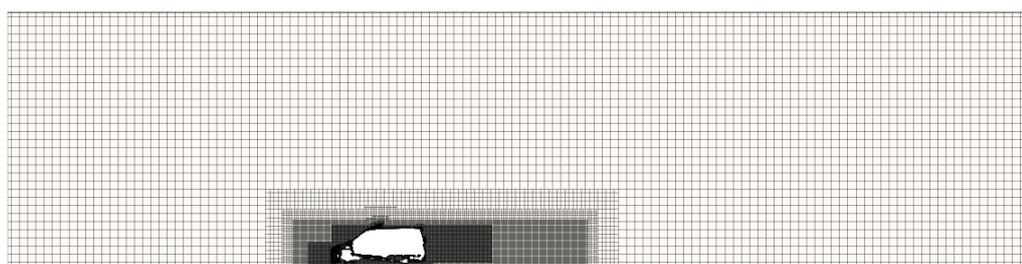


图3 中截面体网格分布

3.2 边界条件

本文采用 Realizable K-E 湍流模型，壁面采用STAR-CCM+推荐设置Two-Layer All y+Wall Treatment^[4]进口为速度进口，速度值为28m/s，出口为压力出口边界，其它为固壁。

4 计算结果及分析

汽车前挡，前格栅处以及后视镜等存在高压区。通过观察车体底盘压力分布图4，可知挡泥板和悬架部分存在高压区，不利于风阻的降低。

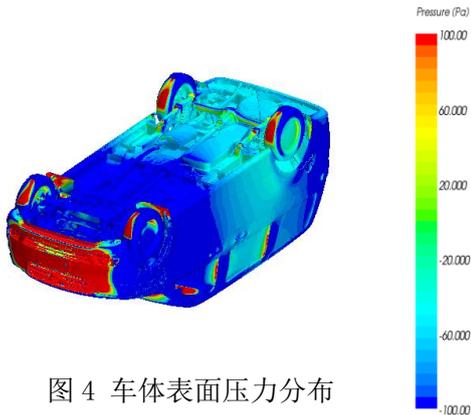


图4 车体表面压力分布

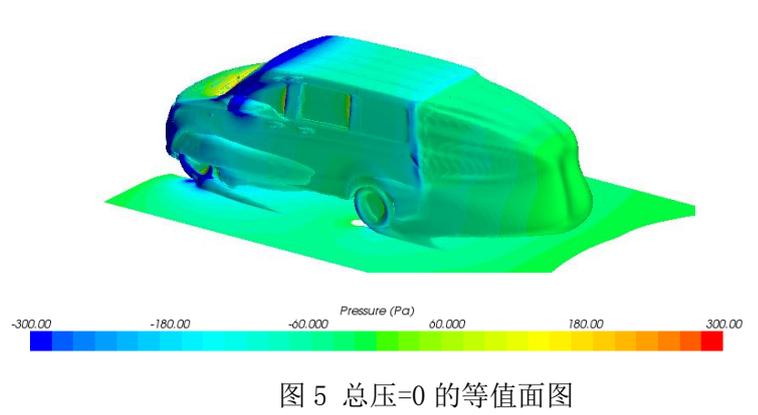


图5 总压=0的等值面图

图5中，由总压等于0的等值面可知，在A柱，后视镜、轮胎、车体尾部等处气流分离现象明显，能量损失严重。

5 优化方案及风洞试验结果对比

为优化本车气动阻力性能，在项目开发前期进行了大量的CFD优化计算，对本车提出多种气动性能优化方案，并且有些方案已经实施在车上。现通过在同济大学风洞试验对CFD提出的降风阻方案进行验证，并根据实际情况对方案进行适当调整。优化方案（见下图6）如下：

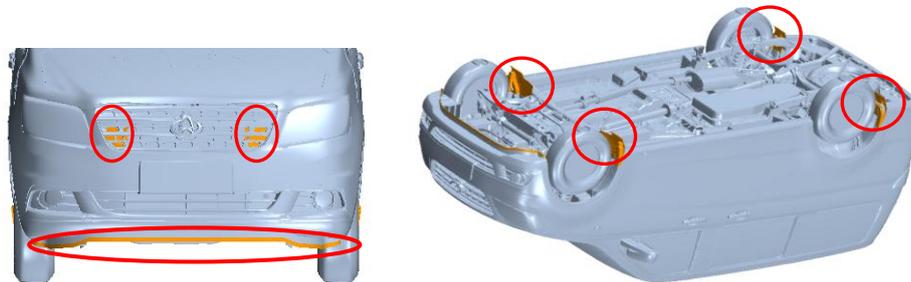


图6 车体几何模型

- (1) 进一步密封前保进气格栅
- (2) 前唇在原来基础上加高20mm

(3) 减小挡泥板的大小

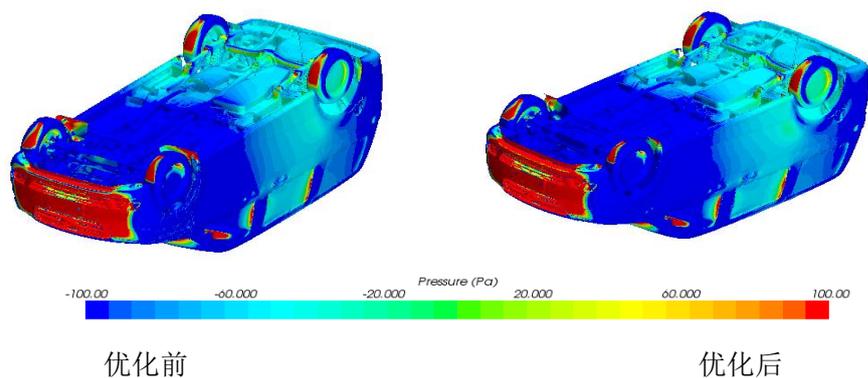


图 7 底盘表面压力分布图

图7为底盘表面压力分布图，图8为中截面速度分布图，由图中可知，增加了前唇高度，从而挡住了部分气流流经发动机舱下部和底盘悬架（见图8），图7中发动机舱下部底盘位置压力明显减小；其次减小挡泥板尺寸，从而使挡泥板的总体表面压力也相应减小，两个方案均有利于风阻的降低。

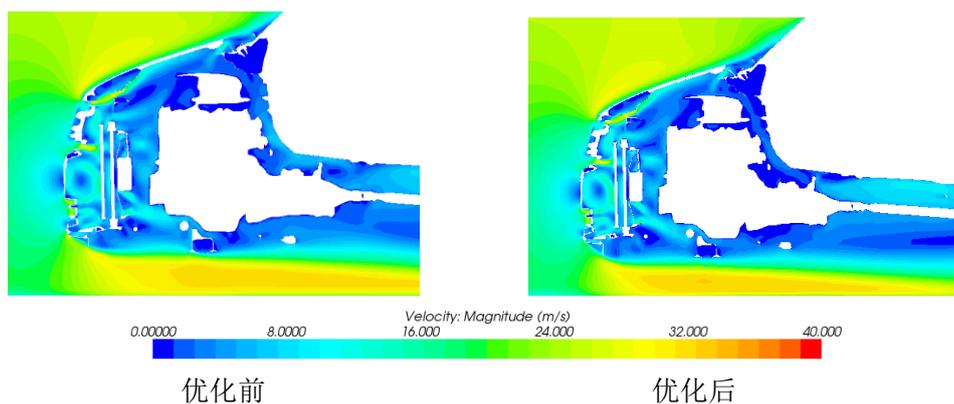


图 8 中截面速度分布图

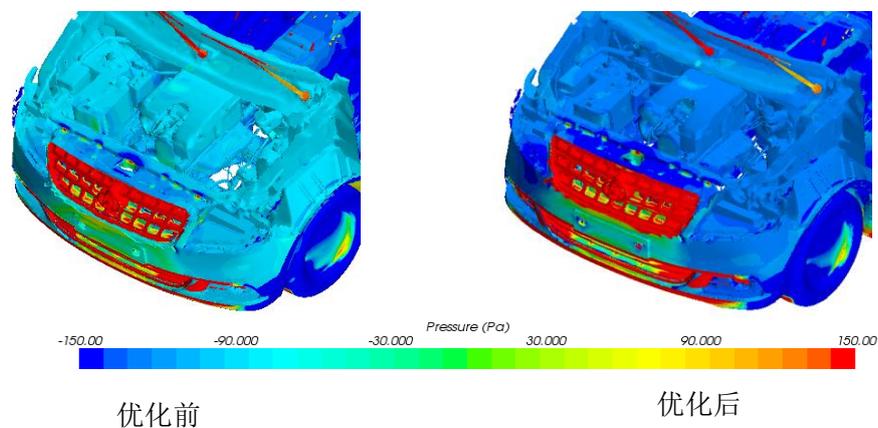


图 9 发动机舱压力分布图

如上图9中,进一步密封前进气格栅,使得进入发动机舱的气流减小,发动机舱内的压力明显减小,有利于风阻的降低。表1为风阻系数CFD计算值和风洞试验值的对比,可知三个方案实施后风阻系数明显降低。

表1 试验对比

cd	基础模型	优化模型
CFD计算值	0.362	0.34
风洞试验值	0.3798	0.3464
误差	4.7%	1.8%

6 结论

从分析结果可知,进一步密封前保进气格栅,前唇在原来基础上加高20mm和减小挡泥板的大小可有效的降低风阻系数,出于成本的考虑,项目组将酌情选择合理的优化设计方案。

对比CFD计算值和风洞试验结果,可知基础样车和优化模型风阻系数误差都在5%以内,说明整车空气动力学仿真具有相当的精度,但整车空气动力学模拟的准确性取决于很多因素,其中3D数据收集的准确性,模型的建立过程中细节的处理方法,以及网格的划分方法等是很重要的方面。同时充分说明使用STAR-CCM+进行空气动力学仿真具有实际的指导意义。

7 参考文献

- [1] 谷正气,汽车空气动力学,2005
- [2] 王福军编 《计算流体力学分析》清华大学出版社
- [3] 昞强 刘鹏 .汽车空气动力学仿真[J].CDAJ-China 中国用户论文集.2009
- [4] STAR-CCM+ 帮助文档