

基于 STAR-CCM+某重型车整车外流场分析

The Numerical Simulation and Analysis of Flow Field around certain Heavy-duty truck based on STAR-CCM+

梁江波 邵林 姚芒荣 鱼红义 刘顶平

(陕西重型汽车有限公司 陕西·西安 710200)

摘要: 文章在阐述研究汽车空气动力学和利用数值模拟方法研究汽车外流场的意义的基础上,借助 STAR-CCM+对重型整车的外流场进行数值模拟,得到了对称面压力分布和尾流流场分布,整车的压强分布云图、速度分布云图和外流场流线图,为汽车设计开发人员优化产品设计提供了汽车空气动力学方面的依据,为其减阻节能技术提供了参考。

关键词: STAR-CCM+; 外流场; 数值模拟; 对称面; 参考

Abstract : Article in elaborating the meaning of studying the aerodynamicist and making use of the numerical simulation method research on flow field around automobile, asking for help the software of STAR-CCM+ as to it's carried on the numerical simulation and analysis of flow field around certain Heavy-duty truck to imitate true analysis, getting symmetry section's pressure distribution, rump's streamline distribution, and whole truck's pressure distribution、velocity distribution as while as streamline distribution. or the design to develop the personnel excellent turned the product design to provide the basis of the aerodynamicist, for it reducing the resistance economizing energy technique provide the reference.

Key words : STAR-CCM+; external flow field ; numerical simulation; symmetry section; reference

1 引言

由于高等级公路的发展,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。研究指出,如能使气动阻力系数下降20%~25%,汽车的燃油耗可减少8%~20%,采用其它措施都难达到如此令人满意。

因此汽车空气动力特性已成为汽车行业的重点研究方向之一。在传统的汽车空气动力学研究中,大多采用风洞实测的方法,造价高、耗资大,在一般的经济条件下根本无法进行。应用计算流体力学研究汽车外围流场,同试验相比,具有可预先研究、不受条件限制、信息丰富、成本低、周期短等特点。在某种意义上,它比理论和试验对流体的运动过程认识的更为深刻,更为细致,不仅可以了解气流运动的结果,而且可以了解整体的与局部的细致过程,得到某些用实验手段得不到的理解和认识。

2 模型的建立

重型车整车外流场分析系统包括:整个车身外部、底盘部件及牵引车挂箱等影响整车空气流动的

主要部件，并对关键零部件进行了不同程度的细化。

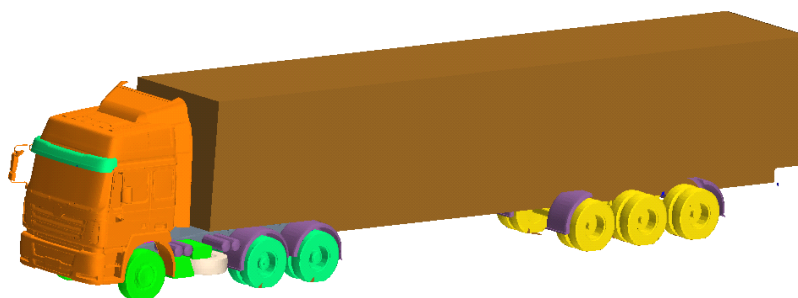


图1 某重型牵引汽车模型

3 计算域的建立及网格划分

计算域的建立（如图2所示），车前4倍车长，车后6倍车长；整个宽度为7倍车宽；整个高度为7倍车高；考虑实际车轮承载后的变形，地面抬高10mm。

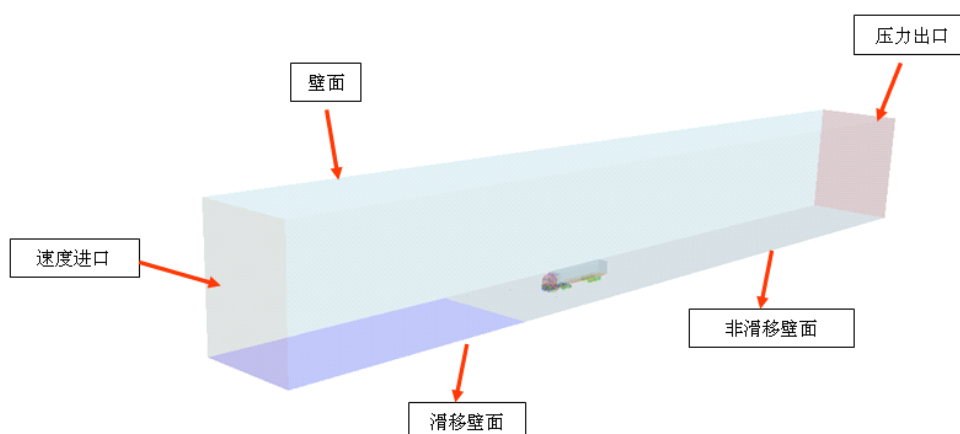


图2 计算域模型

为了提高计算精度、计算稳定性和收敛性，对体网格按区域进行不同程度的细化，并有选择的生成边界层。使用STAR-CCM+中Trim网格形式，生成网格为1200多万。整车中截面网格如图3所示。

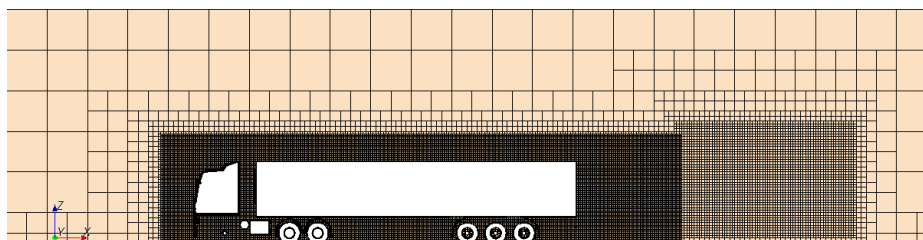


图3 Y=0.6m处纵向切面网格图示

由于汽车周围流场非常复杂，尤其在尾部存在着剧烈的湍流区，应该在整车周围及后方局部加密，这样既能满足网格的贴体性，达到近密远疏的目的，又能充分利用软件自身的网格生成技术。分别对整车、车体后方进行局部体元加密，加密区的网格分别设定为5mm和10mm。

进口为速度进口边界，速度为100kph，出口为压力出口边界。地面前部为滑移壁面，其余壁面为非滑移壁面。

4 整车外流场数值模拟结果分析

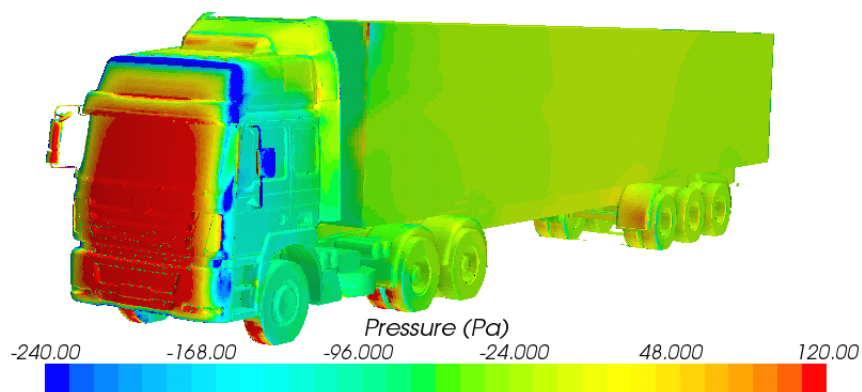


图4 整车外表面压力分布

由整车的压力分布图（图4、图5）和对称面速度线图（图6、图7），可以看出，远前方气流在车头，由于受到阻挡，速度很快下降到接近于零，形成大面积的滞止压力区；然后气流在前缘开始加速，直到顶盖前面和顶面过度的地方达到最大值，形成负压区；之后气流速度下降，但是维持在一个比较大的数值上；当气流到达挂箱后缘的时候，开始减速，并发生了分离现象，与车身底部和两侧气流的相互作用下形成较大的漩涡。

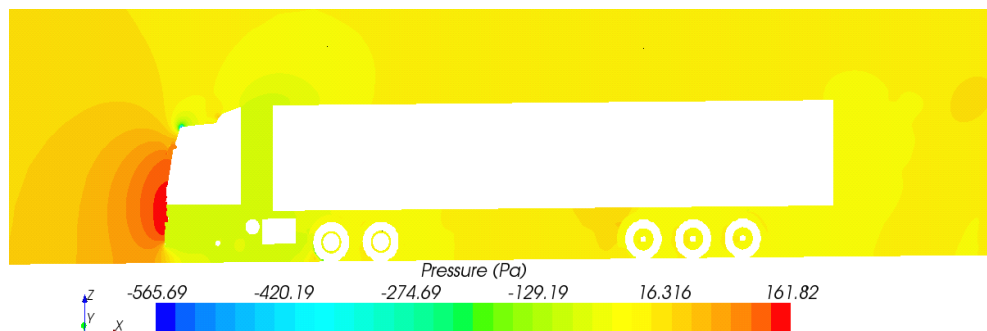


图5 $Y=0.6\text{m}$ 处纵向切面压力分布图

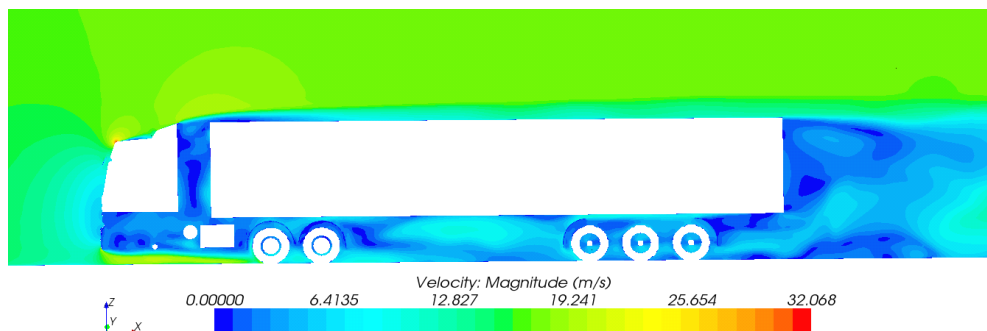


图6 $Y=0.6\text{m}$ 处纵向切面速度分布图

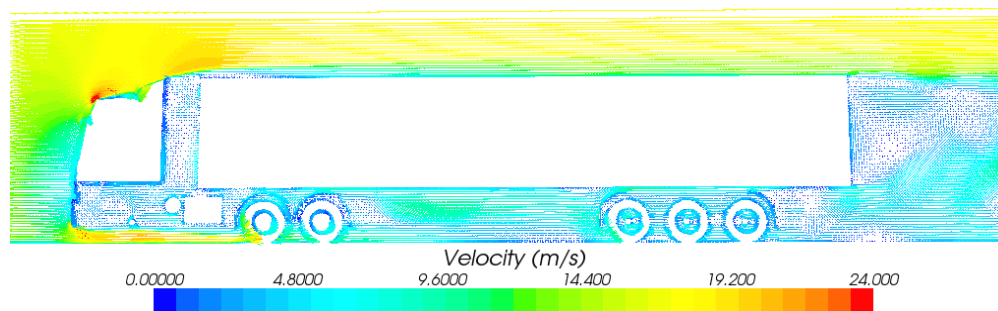


图7 Y=0.6m处纵向切面速度矢量图

当气流绕流汽车时，前方来流首先遇到车头，在该处部分气流滞止，形成较高的正压区，迫使气流在侧面由底部向上翻卷的气流和侧面主流汇合。结合整车尾部速度线图，可看出，流过顶面的气流速度较大，动能较大，流线弯曲较小；流过底部的气流速度较低，压强较高，而尾流压强低，因此由底部流出的气流在这个压强差的作用下上卷，在尾流中形成较强的上卷漩涡。

由于尾流中的漩涡不断地生成、旋转、脱落，是气流产生不可逆的能量损失。加上气流从汽车头部到尾部的整个流动过程中的能量损失，均表现为尾流压强的降低，使汽车后部产生较强的负压。

另外，驾驶室和货厢之间形成较大的漩涡区，流过驾驶室顶部的气流沿驾驶室和货厢的间隙存在向下流动的趋势，对车底下及尾部的漩涡都有一定程度的增强。

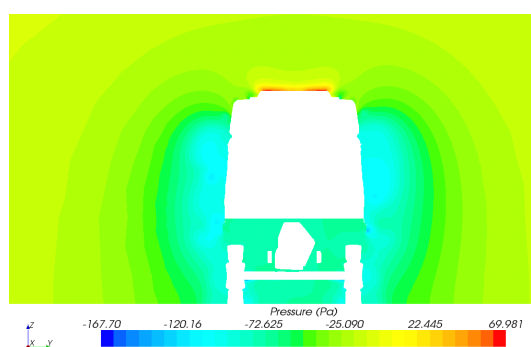


图8 X=0处横向切面压力分布

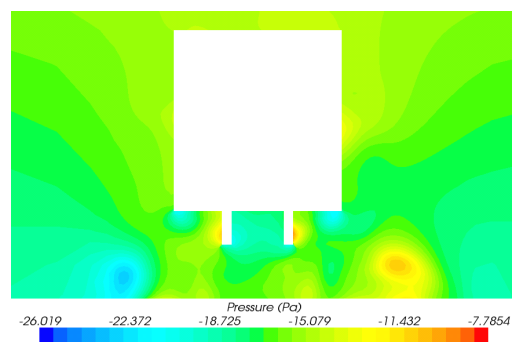


图9 X=7m处横向切面压力分布

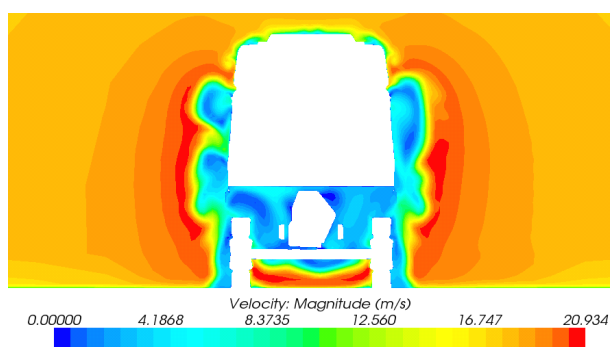


图10 X=0处横向切面速度分布

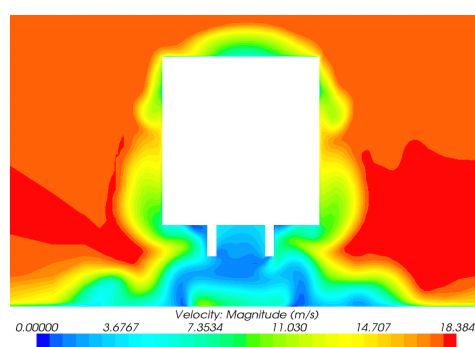


图11 X=7m处横向切面速度分布

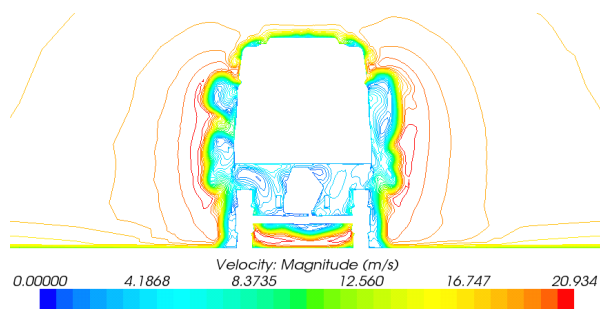


图12 X=0处横向切面速度分布线图

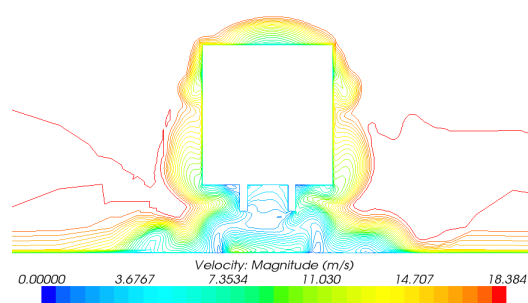


图13 X=7m处横向切面速度分布线图

由横向切面的压力、速度分布结果，可以看出，货箱底下的流场产生的漩涡非常复杂，形成很多比较大的漩涡；其中侧面空气对底部流线的影响是一种不容忽视的因素，其对车辆底部漩涡有增强的趋势。

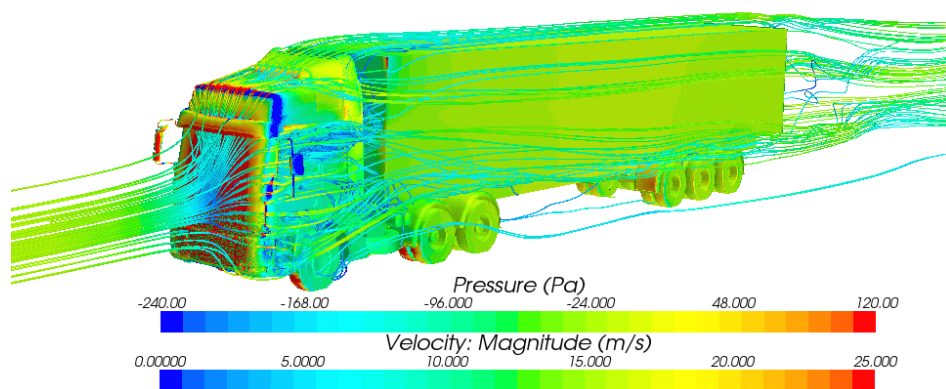


图14 整车外部流线图

驾驶室是气流首先经过的部位，在很大程度上影响着作用在汽车上的气动力。为了减小车辆的气动阻力系数，我们应努力减小车头处的正压力值，这其中包括很多的措施，驾驶室散热器面罩、保险杠，挡风玻璃的角度以及曲率都对其表面上的压力分布有很大的影响，同时进气格栅位置也有很大的关系。

结束语

文章借助STAR-CCM+软件对某重型车整车进行了流体动力学仿真分析，得到了对应车速下整车外部流场、压力、速度的分布。由数值模拟结果分析，可以清楚地了解整车的流场结构以及尾流场的涡系特征。

参考文献:

- [1] 陈家瑞.汽车构造.北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 张扬军等,汽车空气动力学数值仿真研究进展,汽车工程,2001年第2期.
- [3] 傅立敏,汽车尾迹涡的形成及其控制,汽车工程,2000年第1期.
- [4] 传超.张彬乾,孙静,等.大型载货车气动阻力计算与流场分析[J].汽车科技,2005(4):2426.
- [5] 陈材侃.计算流体力学[M].重庆:重庆出版社,1992.
- [6] 张伟.EQ1118GA运输车外流场的数值模拟与分析[D].杭州:浙江大学.2006:47~53.