

# 轿车大客车会车时气动特性的数值模拟

## Numerical Simulation of the Transient Aerodynamics of Sedan and Coach Crossing Each Other

张英朝 张喆

吉林大学

**摘 要:** 会车过程中, 由于两辆汽车的相互之间的气动影响, 汽车会有不同程度的行驶方向的改变, 或者产生操纵稳定性问题。本研究基于 STAR - CD 的动网格技术, 结合滑动交界面完成在 CFD 软件中瞬态模拟两车相会时的过程。对轿车和大客车简化模型会车过程中的气动特性进行分析。

**关键词:** 汽车、会车、气动特性、CFD、STAR-CD

**Abstract:** The vehicles were influenced by the forced air and then they will change the running direction or have some driving stability problems when two vehicles crossing each other. So some simulation was done based the technology named moving mesh and sliding interface which provided by STAR-CD. It is realized that two vehicles crossing each other in CFD software. The simplified sedan and coach model were introduced. It was analyzed that the aerodynamic characteristics of the two vehicles when they crossing each other.

**Key words:** Vehicle crossing each other aerodynamic characteristics CFD STAR-CD

### 1 综述

复数车辆行驶的汽车空气动力学问题一直是汽车空气动力学领域研究的一个方向, 很多汽车空气动力学专家对汽车超车会车等行驶状况的空气动力学问题进行研究。汽车在低等级公路上, 相向行驶会遇到会车问题。会车过程中, 两辆车由于都具有很高的速度, 会相互对对方车辆的气动特性产生干扰。本文基于 STAR - CD 的动网格和滑动交界面技术完成轿车和大客车的会车的瞬态运动, 并进行 CFD 计算求解。

### 2 仿真模型及方案

轿车模型选用 MIRA 典型的阶背式轿车全尺寸模型, 如图 1。大客车模型选用国内进行过大量风洞试验的 JT6120 简化模型, 如图 2。



图 1 轿车模型

Fig.1 Sedan model

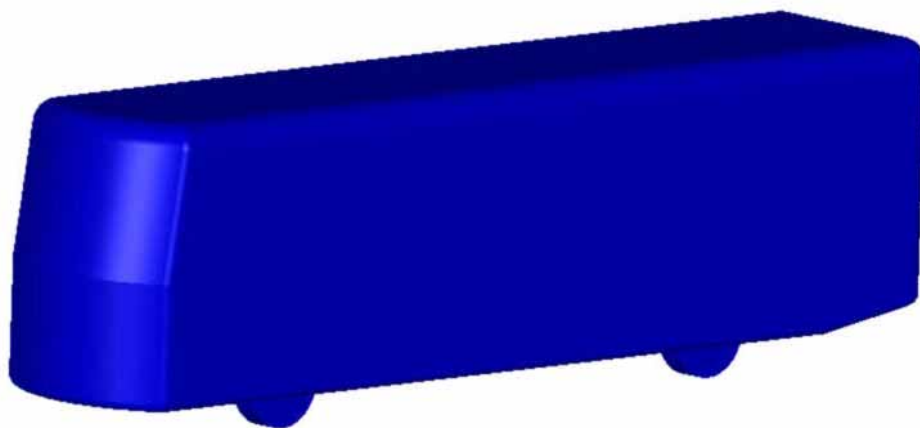


图 2 大客车模型

Fig 2 Coach model

要实现两辆车的相对运动，需要用到动网格方案，更需要进行不同的网格划分及边界条件设定。针对本次研究，采用了结构化的六面体网格。两辆车周围的方框范围内的网格单独划分，命名为移动网格区如图 3 中的灰色区域。移动网格区随着计算的进行以等同车速的速度相对运动。固定网格区保持固定不动。两个区域之间通过 Attach 边界连接在一起，进行数据传递，几个区域统一成一个计算域。在设定如图 3 所示相应的边界条件后，根据需要编辑程序控制网格运动，保存设置，进行计算。

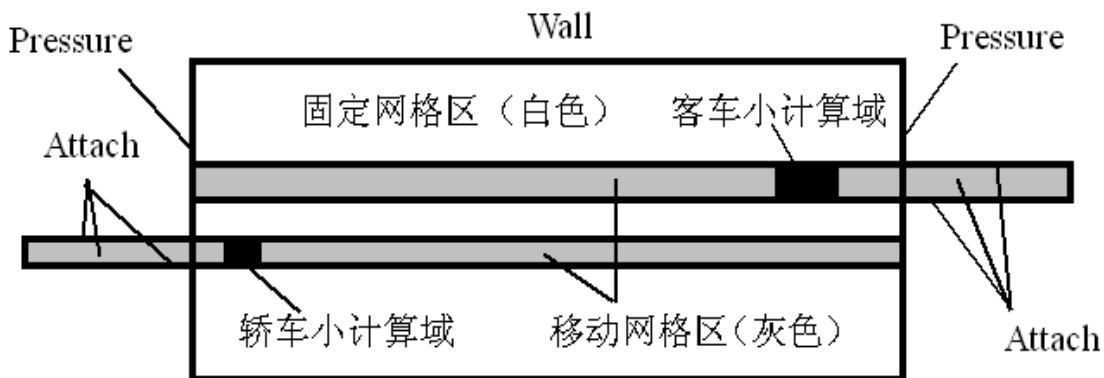


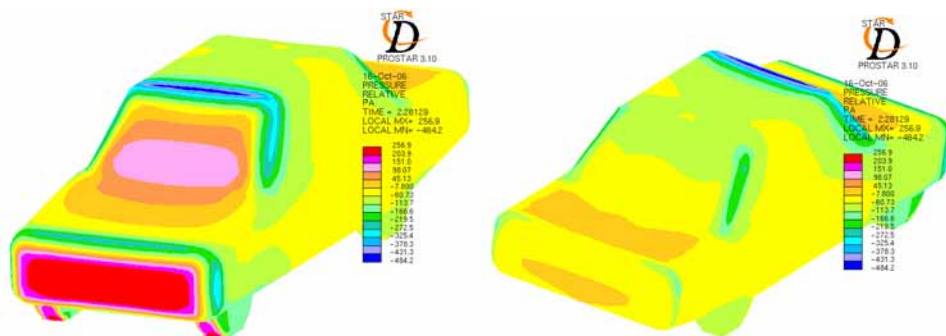
图 3 边界条件设置

Fig 3 Boundary

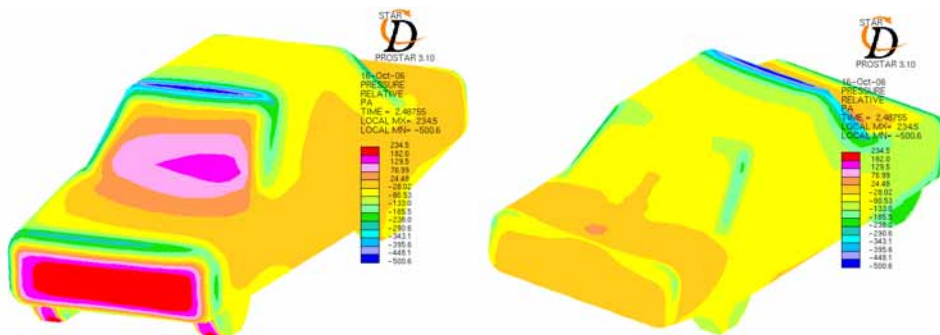
### 3 结果分析

#### 3.1 会车过程轿车的气动力特性分析

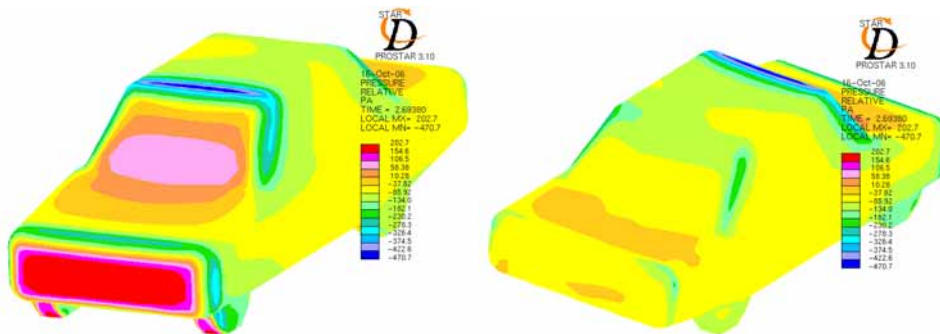
轿车会车过程车身表面的压力分布如下图：



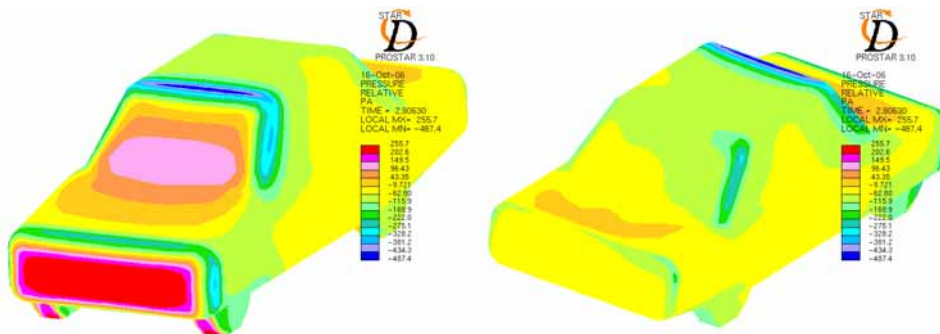
- 2 倍 L 时轿车车身表面压力分布



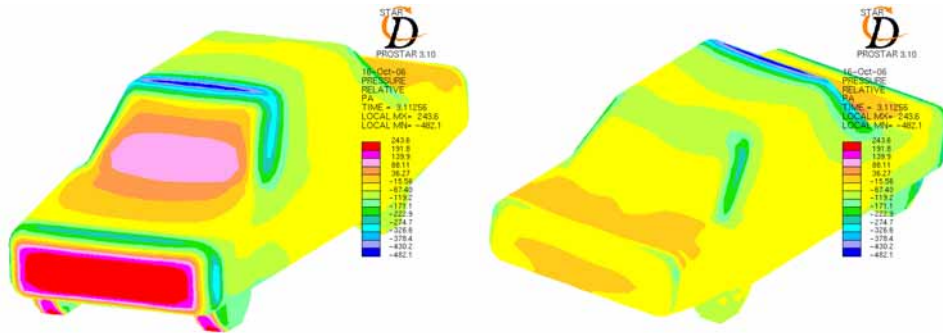
0 倍 L 时轿车车身表面压力分布



2 倍 L 时轿车车身表面压力分布



4 倍 L 时轿车车身表面压力分布



6 倍 L 时轿车车身表面压力分布

图 4 轿车会车过程车身表面压力分布

Fig.4 Vehicle surface pressure distribution

从图 4 中可以看出在 0 倍车距时车身表面压力出现不对称分布，这时是侧向力变化接近最大的时刻。在 -2 倍车距的时刻这种不对称还不是很明显。在 0 倍车距之后的时间内的 2 倍、4 倍、6 倍车距，车身压力分布都表现出一定的不对称，虽然同 0 倍车距时刻相比不对称的显示降低，但是依然可以从压力分布推测到侧向力的存在。

图 5 是轿车气动力系数瞬态变化。可以看到会车过程气动力的变化趋势非常的复杂，经过了波峰波谷的多次振荡，与前人的研究和作者进行的简单模型会车状态的瞬态模拟研究的结果提出的简谐波状的气动力变化趋势有很大的差别。

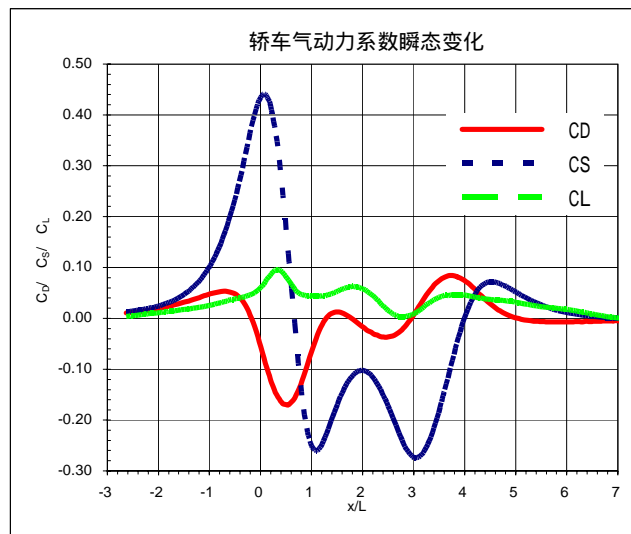


图 5 轿车气动力系数瞬态变化

Fig. 5 Changing of sedan aerodynamic coefficients

表 1 是会车过程轿车气动力系数的波动幅度。可以看到变化幅度非常大，阻力系数有 87.41% 的变化；升力系数有 33.02%；侧向力系数达 246.76%。

表 1 会车过程轿车气动力系数比较

Table 1 Comparison of Car Aerodynamic Coefficients

	Cd	Cs	Cl
Cx	0.2535	0.7156	0.09577
Cx /Cd	87.41%	246.76%	33.02%

### 3.2 会车过程客车的气动力特性分析

大客车的气动特性类似与轿车,在数值大小上有差别,由于篇幅原因不再具体叙述。

### 3.3 可能产生的操纵稳定性问题

根据空气动力学方面的知识及本次研究的参数和模拟结果,就可以得到瞬态会车过程中轿车大客车所受到气动力的变化,有表 2 数据:

表 2 会车过程气动力变化  
Table 3 Changing of aerodynamic force

		D (阻力)	S (侧向力)	L (升力)
轿 车	F (单位 N)	113.39	320.09	42.84
大 客 车	F (单位 N)	162.41	621.25	227.75

上表显示数值是在轿车大客车会车过程中,分别作用在轿车和大客车身上作用力的变化。其标明的变化值是整个会车过程中各气动力最大值和最小值的差,表明的是会车过程中气动力的波动的幅值。大客车的气动力系数变化不如轿车大,但是由于大客车正投影面积较大,会车过程所受气动力并不小。

轿车在瞬态会车的过程中,气动阻力有 110 多牛顿的阻力变化;320 多牛顿的侧向力变化;40 多牛顿的升力变化。大客车在瞬态会车的过程中,气动阻力有 160 多牛顿的阻力变化;620 多牛顿的侧向力变化;220 多牛顿的升力变化。这样大幅度的变化将使汽车在会车过程中的操纵稳定性经受非常大的挑战,在将近 1 秒的时间内承受不断的侧向力的作用。

对于轿车来说,高速行驶时,瞬间时刻受到的侧向力可以达到 200 牛顿左右,能够令轿车产生大约  $0.2 \text{ 米/秒}^2$  的侧向加速度,并且会在将近 1 秒的时间内不断的波动。而同时汽车所受到的阻力和升力也在不断变化,汽车的附着力随着升力的变化再重新分配。这样的气动力是平时的研究没有遇到的,在这种情况下操纵稳定性必将受到影响,值得汽车方面的研究工作者深入的进行研究。

## 3 结论

通过上述的研究和分析,对轿车大客车会车过程进行空气动力特性的研究得到如下几点结论:

- 1) 对会车过程中车身周围流场进行了流态显示和分析,能够非常清楚的分析到会车过程中气动侧向力产生的原因,并推测到侧向力及其它气动力系数在会车过程中的变化趋势。
- 2) 通过对模拟结果的处理分析,分别得到了实车会车状况的轿车和大客车的气动力系数随时间变化的趋势。
- 3) 会车过程中,两车的形状对会车过程中气动力系数的变化影响非常大,轿车和大客车的气动力系数的变化不相同。
- 4) 会车过程无论轿车和大客车气动力的变化都比较大,可能对操纵稳定性产生较大影响,需要空气动力学者和汽车操纵稳定性方面的研究人员一起研究这种行驶状况的

汽车操纵稳定问题。

- 5) 会车过程中虽然轿车和大客车气动力变化较大，两车都受到了较大的侧向力，但是还不至于达到危险工况。目前的车道距离下，低速行驶状况下会车基本还是安全的。

#### 参 考 文 献

1. 张英朝,傅立敏.简单外形汽车隧道内会车状态下的空气动力学数值模拟 [ J ] .吉林大学学报 ( 工学版 ) . 吉林大学学报(工学版), 2006,36(3) :302-306
2. STAR-CD User Guide Version 3.15, Computational Dynamics Limited 1999
3. STAR-CD Methodology Version 3.15, Computational Dynamics Limited 1999
4. SAE , Aerodynamic Testing of Road Vehicles - Open Throat WindTunnel Adjustment , Superseding J2071 MAR 90
5. 张志沛、欧阳鸿武、秦志斌,JT 6120 型客车气动特性的数值模拟和风洞试验 , 中国公路学报 , 第 13 卷第 3 期 , 2000 年 7 月
6. Patrick Gillieron, Christophe Noger. Contribution to the Analysis of Transient Aerodynamic Effects Acting on Vehicles SAE 2004-01-1311