

文章编号: 1000-8055(2009)12-2780-04

某型轿车内流场的仿真分析

徐晓明, 赵又群

(南京航空航天大学 能源与动力学院, 南京 210016)

摘 要: 利用 CATIA 软件建立汽车模型. 针对某型轿车空气动力学流场特性, 采用三维不可压缩 Navier Stokes 方程和 RNG (renormalization group) $k-\varepsilon$ 湍流模型来仿真计算. 应用二阶迎风差分格式获得控制界面的物理量. 将发动机舱冷却风进口设在车头前部, 对三种不同的冷却风排风模式进行仿真分析, 比较轿车气动性能以选择优越的排风模式. 将驾驶室气流进口设在挡风玻璃与发动机罩交汇处, 也对三种不同的驾驶室内气流排风模式进行仿真分析, 以选择优化的排风模式. 发动机舱内流对阻力系数影响较大, 驾驶室内流对升力系数影响较大.

关 键 词: 发动机舱; 驾驶室; 排风模式; 内流; 轿车

中图分类号: U461

文献标识码: A

Simulation analysis of a car interior flow field

XU Xiaoming, ZHAO Youqun

(College of Energy and Power Engineering,

Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, 210016, China)

Abstract: Car models were built by software CATIA. In consideration of the flow field characteristics of a car aerodynamics, three-dimensional incompressible Navier Stokes equations and RNG (renormalization group) $k-\varepsilon$ model were used in simulation. Second-order upwind difference scheme was applied to obtain the physical quantities of control pedal. The cooling air inlet of engine compartment was placed in the front of car, simulation on three different removal modes of cooling air was implemented to select a superior ventilation mode by comparing with aerodynamic characteristics of car. The flow inlet of cab was placed between the hood and wind-shield, simulation on three different removal modes of flow inside the cab was implemented to select a superior ventilation mode. Interior flow of engine compartment has greater impact on drag coefficient, interior flow of cab has greater impact on lift coefficient.

Key words: engine compartment; cab; removal mode; interior flow; car

空气动力学特性直接影响汽车的动力性、经济性、操纵稳定性和乘坐舒适性. 研究汽车空气动力学的传统而有效的方法是对汽车进行风洞试验. 但进行风洞试验, 不仅风洞建设投资大、试验费用高和试验周期长, 而且难以模拟汽车表面细节、车轮转动、内流等复杂条件. 随着计算机和计算技术的迅速发展而兴起的数值仿真为汽车空气

动力学研究开辟了新的途径. 典型的计算流体力学(CFD)软件 FLUENT 可以模拟车身细节、内流等复杂条件.

本文主要利用 CFD 软件 FLUENT 研究某型轿车内流场, 主要包括发动机舱内流和驾驶室内流. 通过轿车内流场的仿真分析, 期望找到具有优越气动性能的汽车内流设计方案.

收稿日期: 2008-11-10; 修订日期: 2009-02-25

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)(2008AA11A140); 国家自然科学基金(10902049)

作者简介: 徐晓明(1982-), 男, 浙江杭州人, 硕士生, 主要从事汽车空气动力学研究.

1 模型前处理

1.1 建立模拟风洞

模拟风洞要满足: 车头前部空间取车长的 3 倍, 车尾后部空间取车长的 5 倍, 车顶上部空间取车高的 5 倍, 车侧部空间取车宽的 5 倍^[1]. 图 1 是截面形状为非对称切角矩形的风洞模型.

1.2 网格划分

本文采用混合网格技术对风洞进行空间划分^[2], 距车身较远的地方采用结构网格, 车身表面及周围采用非结构网格, 结构和非结构网格过渡均匀.

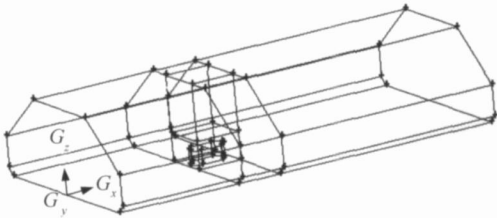


图 1 截面形状为非对称切角矩形的风洞模型
Fig 1 Wind tunnel with nonr symmetry cut angle rectangular

2 计算方法和边界条件

2.1 计算方法

模拟车速为 100 km/h, 远低于 100 m/s, 空气为不可压缩. 采用三维不可压缩 Navier-Stokes 方程和 RNG $k-\varepsilon$ (renormalization group $k-\varepsilon$) 湍流模型; 控制界面的物理量应用二阶迎风差分格式获得; 并运用 SIMPLEC 压力修正法进行迭代.

2.2 边界条件

风洞入口为速度入口边界条件, 车速为 100 km/h (28 m/s), 方向垂直入口面, 入口处的湍流度设为 0.5%, 因为湍流度较小, 故将湍流黏性系数和层流黏性系数之比设为 $10^{[3]}$; 出口为压力出口边界条件, 大小为标准大气压; 壁面为无流边界, 采用无滑动边界条件, 速度为零^[4].

3 不考虑内流的仿真分析

图 2 为不考虑内流的某型轿车模型.

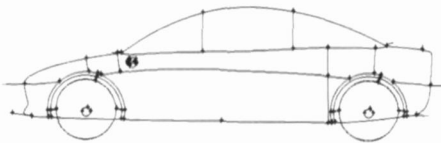


图 2 不考虑内流的轿车模型
Fig 2 Car model without regard to interior flow

图 3 为不考虑内流的车身压力分布图. 车头前部为一明显高压区, 因此将发动机舱冷却风进口设置在此, 有利于发动机的冷却和散热. 挡风玻璃与发动机罩夹角处也为一明显高压区, 这是将驾驶室进风口设置于此的主要原因.

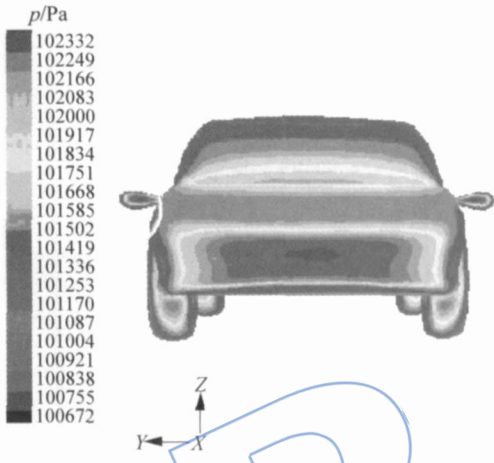


图 3 不考虑内流的车身压力分布图
Fig 3 Without regard to interior flow of car body pressure distributing chart

4 发动机舱内流的仿真分析

根据发动机舱冷却风排出模式的不同, 可分为: 下方排风模式、上方排风模式和两边排风模式, 分别对这三种排出模式进行仿真分析. 图 4 为发动机舱冷却风的三种排出模式.

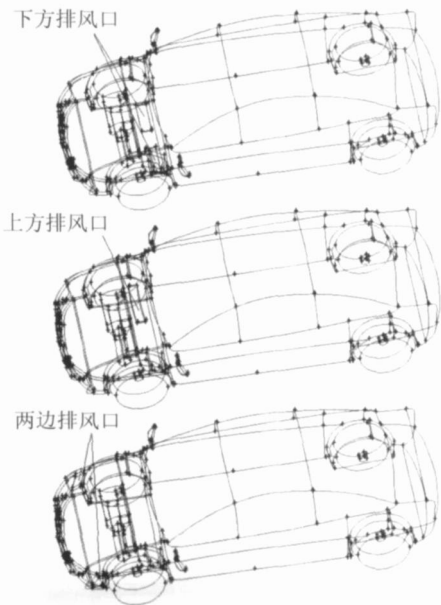


图 4 发动机舱冷却风的三种排出模式
Fig 4 Three removal modes of cooling air in engine compartment

4 1 选用下方排风模式的发动机舱内流

图 5 为选用下方排风模式的发动机舱内流车身正面和底面压力分布图,在进风口处压力明显大于车头前部其他部位.比较图 3,选用下方排风模式的发动机舱内流车头前部压力大的区域有所减小.下方排风口处的压力大于车底的其他部位,排风口后部的压力小于车底的其他部位.

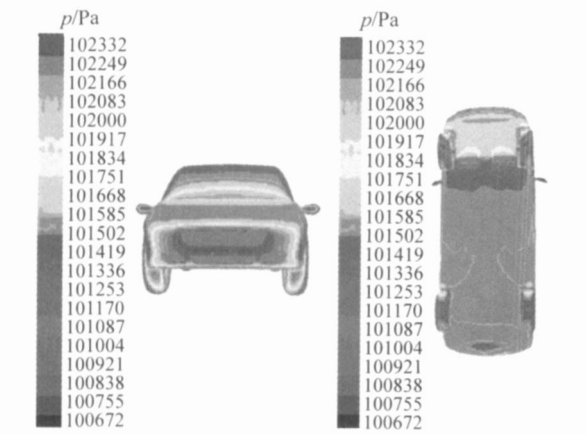


图 5 选用下方排风模式的发动机舱内流车身压力分布图
Fig 5 Car body pressure distributing chart of engine compartment with downr direction removal mode

4 2 三种发动机舱冷却风排出模式的比较

表 1 为发动机舱内流三种排风模式的气动参数.阻力和阻力系数:上方排风模式的阻力和阻力系数最小,分别为 146.41 和 0.1986;下方排风模式的阻力和阻力系数最大,分别为 160.30 和 0.2175.升力和升力系数:两边排风模式的升力和升力系数最小,分别为 2.57 和 0.0035;下方排风模式的升力和升力系数最大,分别为 32.22 和 0.0437.上方排风模式和两边排风模式的气动性能比下方排风模式优越.

表 1 发动机舱内流三种排风模式的气动参数
Table 1 Aerodynamic parameter of three removal modes in engine compartment

	阻力/N	阻力系数	升力/N	升力系数
下方排风模式	160.30	0.2175	32.22	0.0437
上方排风模式	146.41	0.1986	22.96	0.0311
两边排风模式	151.10	0.2050	2.57	0.0035

5 驾驶室内流的仿真分析

根据驾驶室内气流排出模式的不同,同样也分为:下方排风模式、上方排风模式和两边排风模

式,分别对这三种排出模式进行仿真分析.图 6 驾驶室

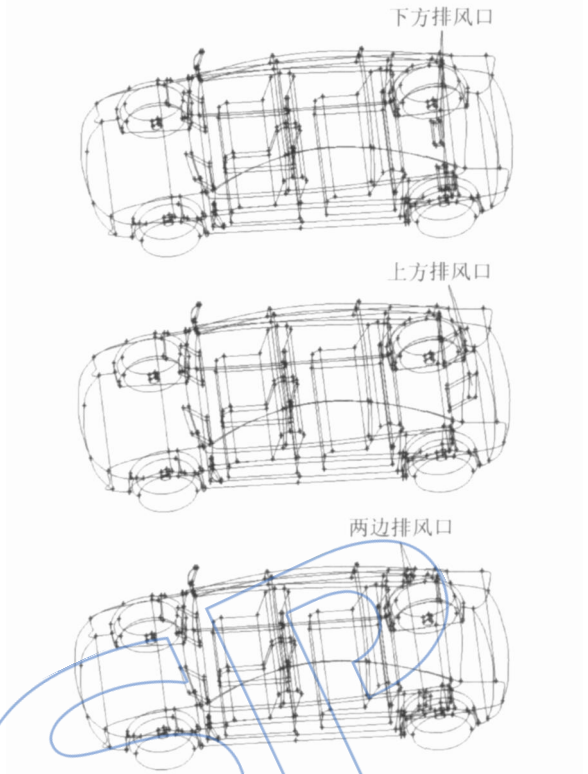


图 6 驾驶室内气流的三种排出模式
Fig. 6 Three removal modes of cab interior flow

表 2 为驾驶室内流三种排风模式的气动参数.阻力和阻力系数:上方排风模式的阻力和阻力系数最小,分别为 142.61 和 0.1935;两边排风模式的阻力和阻力系数最大,分别为 144.61 和 0.1962.升力和升力系数:两边排风模式的升力和升力系数最小,分别为 7.99 和 0.0108;下方排风模式的升力和升力系数最大,分别为 33.17 和 0.0450.综合比较,上方排风模式的气动性能比较优越.

表 2 驾驶室内流三种排风模式的气动参数
Table 2 Aerodynamic parameter of three removal modes in cab

	阻力/N	阻力系数	升力/N	升力系数
下方排风模式	144.40	0.1959	33.17	0.0450
上方排风模式	142.61	0.1935	12.13	0.0165
两边排风模式	144.61	0.1962	7.99	0.0108

6 综合考虑内流的仿真分析

图 7 为综合考虑内流的某型轿车模型,发动机舱冷却风和驾驶室内气流排出模式都选用下方排风模式.

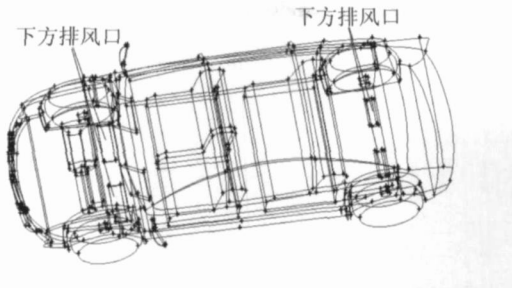


图 7 综合考虑内流的汽车模型
Fig. 7 Car model with synthesis regard to interior flow

表 3 为三种内流和不考虑内流的气动参数. 三种内流的气动参数比较, 阻力和阻力系数: 仅考虑驾驶室内流的阻力和阻力系数最小, 分别为 144.40 和 0.1959; 综合考虑发动机舱和驾驶室内流的阻力和阻力系数最大, 分别为 166.02 和 0.2253. 升力和升力系数: 仅考虑发动机舱内流的升力和升力系数最小, 分别为: 32.22 和 0.0437; 综合考虑发动机舱和驾驶室内流的升力和升力系数最大, 分别为 69.35 和 0.0941. 考虑内流和不考虑内流的气动参数比较, 考虑发动机舱内流使阻力系数和升力系数分别增加 0.0255 和 0.0161; 考虑驾驶室内流使阻力系数和升力系数分别增加 0.0039 和 0.0174, 发动机舱内流对阻力系数影响更大, 驾驶室内流对升力系数影响更大.

表 3 三种内流和不考虑内流的气动参数
Table 3 Aerodynamic parameter of three interior flow modes and without regard to interior flow

	阻力/N	阻力系数	升力/N	升力系数
不考虑内流	141.51	0.1920	20.33	0.0276
发动机舱内流	160.30	0.2175	32.22	0.0437
驾驶室内流	144.40	0.1959	33.17	0.0450
综合考虑内流	166.02	0.2253	69.35	0.0941

7 结 论

1) 考虑发动机舱内流, 比较了冷却风的三种

排风模式: 上方排风模式有最小的阻力和阻力系数; 下方排风模式有最大的阻力和阻力系数; 两边排风模式有最小的升力和升力系数; 下方排风模式有最大的升力和升力系数. 上方排风模式和两边排风模式的气动性能比下方排风模式优越.

2) 考虑驾驶室内流, 比较了驾驶室内气流的三种排风模式: 上方排风模式有最小的阻力和阻力系数, 两边排风模式有最大的阻力和阻力系数; 两边排风模式有最小升力和升力系数, 下方排风模式有最大的升力和升力系数. 上方排风模式的气动性能比较优越.

3) 发动机舱内流使阻力系数和升力系数分别增加 0.0255 和 0.0161; 驾驶室内流使阻力系数和升力系数分别增加 0.0039 和 0.0174. 可见, 在风洞试验和仿真计算时不能忽略发动机舱内流和驾驶室内流的影响.

参考文献:

[1] Lanfrit M. Best practice guidelines for handling automotive external aerodynamics with FLUENT [C]// FLUENT's Second Biennial European Automotive CFD Conference (EACC). Frankfurt, Germany: [s. n.], 2005: 29-30.

[2] 赵又群, 张海滨. 含地面效应、发动机舱的轿车流场仿真[J]. 中国机械工程, 2008, 19(17): 2138-2141.

ZHAO Youqun, ZHANG Haibin. Simulation analysis of car flow field with underhood and ground effect[J]. China Mechanical Engineering, 2008, 19(17): 2138-2141. (in Chinese)

[3] 徐晓明, 赵又群. 造型和离地间隙对轿车气动性能影响的研究[J]. 航空动力学报, 2009, 24(2): 292-295.

XU Xiaoming, ZHAO Youqun. Effect of models and ground clearance on aerodynamic characteristics of car[J]. Journal of Aerospace Power, 2009, 24(2): 292-295 (in Chinese)

[4] 郑昊, 康宁, 蓝天. 侧风环境下行驶的直背式轿车气动力计算[J]. 航空动力学报, 2007, 22(11): 1858-1862.

ZHENG Hao, KANG Ning, LAN Tian. Calculation of aerodynamic forces of a car with the effect of crosswind [J]. Journal of Aerospace Power, 2007, 22(11): 1858-1862 (in Chinese)