

文章编号: 1000-8055(2009)02-0292-04

造型细节和离地间隙对轿车气动性能的影响

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: 应用 FLUENT 软件, 分别对汽车造型的不同处理方法、发动机安放位置、离地间隙、发动机舱冷却风的排出模式进行气动性能仿真。结果表明: 汽车造型的处理方法中以加车轮对气动性能影响最大, 发动机存在最佳的安放位置, 不同的离地间隙对仿真结果影响很大, 选择发动机舱冷却风的排出模式要综合考虑阻力系数和升力系数。

关 键 词: 发动机; 离地间隙; 排出模式; 轿车

中图分类号: U461

文献标识码: A

Effect of modeling and ground clearance on aerodynamic characteristics of cars

XU Xiao-ming, ZHAO You-qun

(College of Energy and Power Engineering,

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

Abstract: Analyzed the aerodynamic characteristics through simulation of different treatment methods of car modeling, placement of engine, ground clearance and the removal mode of the cooling air in engine cabin with FLUENT software. The results show that: adding the wheels has the greatest impact on the aerodynamic characteristics, there is a best place for engine, and different ground clearances have great impact on the result of simulation. So, selecting the removal mode of the cooling air in engine cabin has to consider both the drag coefficient and lift coefficient.

Key words: engine; ground clearance; removal mode; car

CFD 技术从 80 年代开始首先在欧美国家应用于汽车设计, 起初计算对象还仅限于车体的基本形状, 最近发展到了包括后视镜、扰流板、复杂底板、移动地面、发动机舱、车轮等复杂的车体模型。

应用 FLUENT 软件, 对某型轿车的不同造型细节和离地间隙进行气动仿真, 得出气动参数并进行比较分析, 期望为仿真计算和汽车造型设计提供参考依据。

1 模型前处理

1.1 汽车模型

图 1 为建立的汽车模型。

1.2 建立模拟风洞

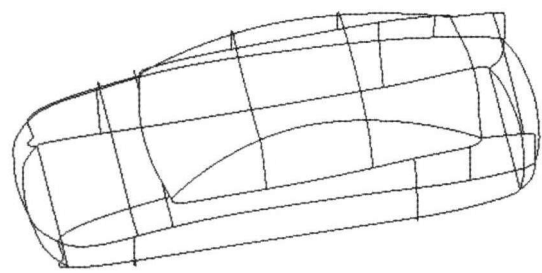
模拟风洞要满足: 车头前部空间取车长的 3 倍, 车尾后部空间取车长的 5 倍, 车顶上部空间取车高的 5 倍, 车侧部空间取车宽的 5 倍。这样才不会出现堵塞效应^[1]。

1.3 网格划分

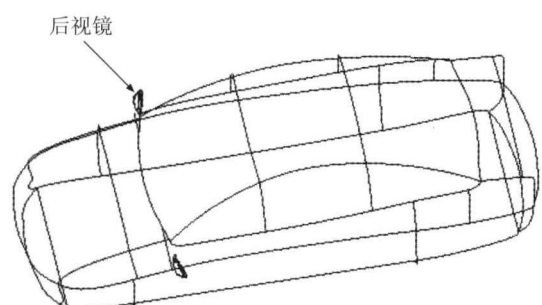
本文采用混合网格技术对风洞进行空间划分, 距车身较远的地方采用结构网格, 车身表面和车身周围采用非结构网格, 结构和非结构网格过度均匀。

收稿日期: 2008-05-13; 修订日期: 2008-11-06

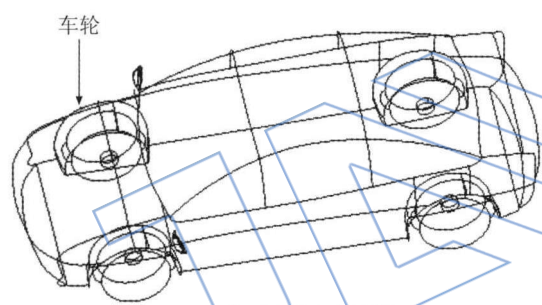
作者简介: 徐晓明(1982-), 男, 浙江杭州人, 硕士生, 主要从事汽车空气动力学研究。



A 汽车最初设计模型



B 含后视镜模型



C 含后视镜和车轮模型

图 1 汽车模型
Fig.1 Car model

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,所以此时的空气应属于不可压缩范围,计算模型应该选择三维定常不可压缩粘性流动.采用三维不可压缩雷诺平均方程 N-S 方程和 RNG $k-\varepsilon$ 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

在 FLUENT 软件中选择 3-D 求解器和 RNG $k-\varepsilon$ 湍流模型;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,故将湍流粘性系数和层流粘性系数之比设为 10;出口

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,采用无滑移边界条件,速度为零^[2].

3 结果分析

3.1 汽车造型不同处理方法的影响

表 1 为汽车造型不同处理方法的气动参数.汽车由最初设计到加后视镜,再到加车轮,阻力和阻力系数增大,升力和升力系数也增大.各模型之间的阻力系数相差为 0.0031 和 0.0205,加车轮影响较大.各模型之间的升力系数相差为 0.0223 和 0.2310,也是加车轮影响较大.

表 1 汽车造型不同处理方法的气动参数

Table 1 Aerodynamic parameter of different disposal ways

	阻力/N	升力/N	阻力系数	升力系数
A	69.57	-101.74	0.1708	-0.2497
B	87.68	-114.64	0.1739	-0.2274
C	116.30	2.16	0.1944	0.0036

3.2 发动机安放位置的影响

图 2 为发动机安放位置示意图.

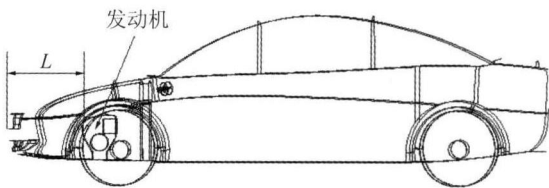


图 2 发动机安放位置示意图

Fig.2 Placement of engine

表 2 为不同发动机安放位置的气动参数.发动机距保险杠从 450 mm 到 600 mm 再到 750 mm,三者阻力和升力减小.因为正面投影面积相同,所以阻力系数和升力系数也减小.发动机距保险杠为 750 mm 时气动性能最佳.

表 2 不同发动机安放位置的气动参数

Table 2 Aerodynamic parameter of different placement of engine

L/mm	阻力/N	升力/N	阻力系数	升力系数
450	154.13	41.07	0.2533	0.0675
600	153.74	39.55	0.2527	0.0650
750	153.03	37.34	0.2515	0.0614

3.3 离地间隙的影响

图 3 为离地间隙示意图。

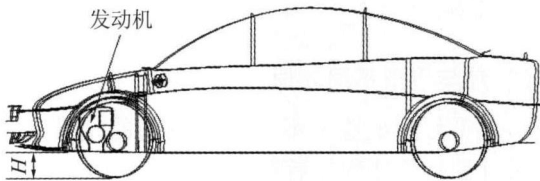


图 3 离地间隙示意图

Fig. 3 Ground clearance

实车模型的离地间隙为 110 mm,取离地间隙为 110,130,150,170,190,210,230 mm 进行仿真.图 4 和图 5 为不同离地间隙的阻力系数和升力系数.随着离地间隙的减小,阻力系数不断降低.在不同高度段,阻力系数的变化相差很大.升力系数的变化较为复杂:离地间隙在 110 mm 与 130 mm 之间升高,在 130 mm 与 230 mm 之间降低,在 130 mm 与 190 mm 之间减小趋势明显.

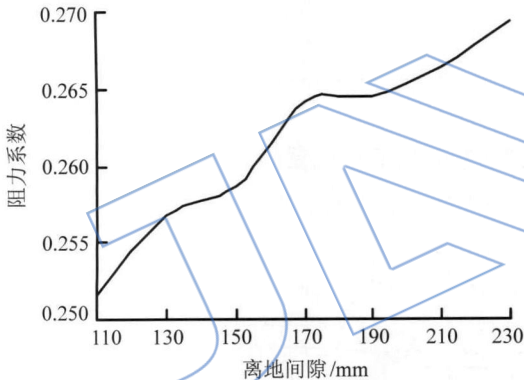


图 4 不同离地间隙的阻力系数

Fig. 4 Drag coefficient of different ground clearance

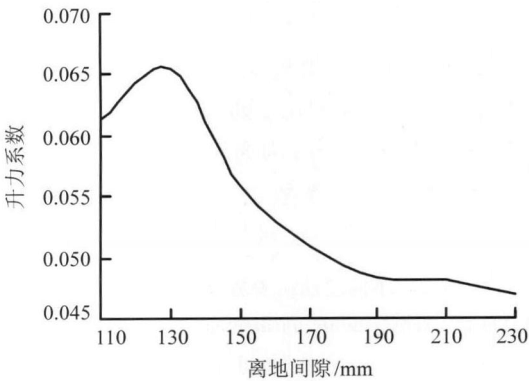


图 5 不同离地间隙的升力系数

Fig. 5 Lift coefficient of different ground clearance

3.4 发动机舱冷却风排出模式的影响

本文在下方排风模式基础上添加上方排风口和两边排风口,取车速为 100,130,160,190,220

km/h 进行仿真.图 6 为含上方排风口和两边排风口的发动机舱排风模式示意图.

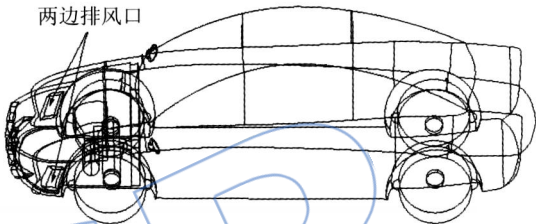
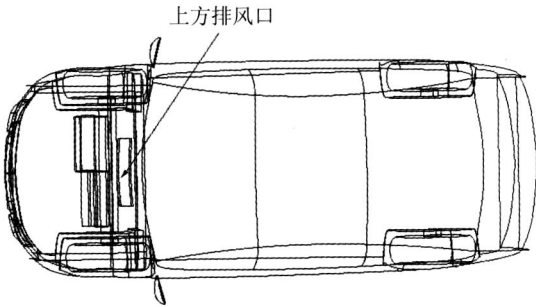


图 6 含上方排风口和两边排风口的排风模式

Fig. 6 Removal modes with top exhaust outlet and two edges exhaust outlet

图 7 为三种排风模式的阻力系数.三种排风模式阻力系数的变化趋势基本相同,含两边排风口的阻力系数最大.

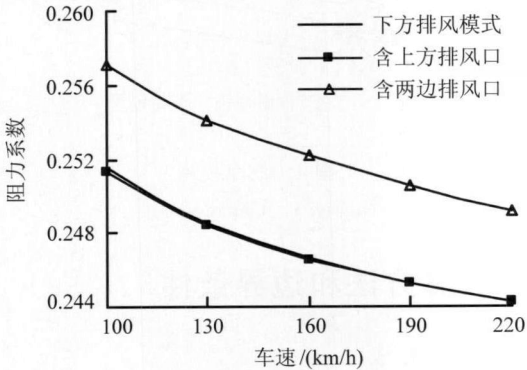


图 7 三种排风模式的阻力系数

Fig. 7 Drag coefficient of three removal modes

表 3 和表 4 给出了阻力中的粘性力和压力.三种排风模式的粘性力和压力随车速加快而增大,下方排风模式的粘性力最大,含两边排风口的压力最大.

图 8 为三种排风模式的升力系数.三种排风模式的升力系数变化相差很大,下方排风模式的升力系数在 0.0614 与 0.0624 之间平缓波动.含两边排风口的升力系数在 100 km/h 与 130 km/h 之间快速升高,然后平缓增加.含上方排风口的升力系数除在 160 km/h 与 190 km/h 之间快速升高

表 3 阻力中的粘性力 F_v (单位 :N)
Table 3 Viscous force in drag force (Unit :N)

阻力/ (km/ h)	下方排风 模式	含上方 排风口	含两边 排风口
100	15.55	15.40	15.32
130	24.88	24.59	24.49
160	36.54	36.13	35.99
190	50.31	49.72	49.54
220	66.08	65.30	65.08

表 4 阻力中的压力 F_p (单位 :N)
Table 4 Pressure force in drag force (Unit :N)

阻力/ (km/ h)	下方排风 模式	含上方 排风口	含两边 排风口
100	137.48	137.50	141.10
130	226.41	226.69	232.52
160	341.42	341.72	350.49
190	479.92	480.41	492.21
220	641.94	642.65	657.22

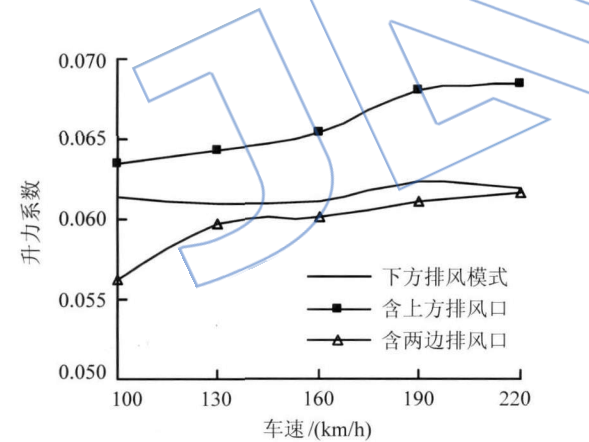


图 8 三种排风模式的升力系数
Fig.8 Lift coefficient of three removal modes

表 5 升力中的粘性力 F_v (单位 :N)
Table 5 Viscous force in lift force (Unit : N)

阻力/ (km/ h)	下方排风 模式	含上方 排风口	含两边 排风口
100	0.92	0.89	1.01
130	1.47	1.43	1.62
160	2.17	2.12	2.39
190	2.99	2.93	3.30
220	3.94	3.86	4.35

外,其他速度段平缓增加.含上方排风口的升力系数最大.

表 5 和表 6 给出了升力中的粘性力和压力.三种排风模式的粘性力和压力随车速加快而增大,含两边排风口的粘性力最大,含上方排风口的压力最大.

表 6 升力中的压力 F_p (单位 :N)
Table 6 Pressure force in lift force (Unit : N)

阻力/ (km/ h)	下方排风 模式	含上方 排风口	含两边 排风口
100	36.43	37.75	33.25
130	60.28	63.59	58.78
160	91.47	98.18	89.66
190	131.94	144.38	128.65
220	175.62	194.61	174.46

4 结 论

- 通过对某型轿车的仿真分析,结果表明:
- 1) 加车轮使该型轿车的阻力系数增加 0.0205,升力系数增加 0.2310,高于加后视镜的 0.0031 和 0.0223;
 - 2) 发动机距保险杠从 450 mm 到 600 mm 再到 750 mm,该型轿车的气动性能得到改善,以 750 mm 时最佳;
 - 3) 随着离地间隙的减小,该型轿车的阻力系数不断降低,升力系数先增大,后减小;
 - 4) 在该型轿车的不同发动机舱冷却风的排出模式中,含两边排风口的阻力系数最大,含上方排风口的升力系数最大.

参考文献:

[1] Lanfrut M. Best practice guidelines for handing automovie external aerodynamics with FLUENT[C]// FLUENT 's Second Biennial European Automotive CFD Conference (EACC). Frankfurt ,Germany: 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)