

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2016.08.001

随动尾翼技术在调控汽车升力方面的研究

计时鸣, 陈先兵

(浙江工业大学 机械工程学院, 浙江 杭州 310014)

摘要:针对轻量化后汽车高速行驶时过大的升力影响汽车的动力性、行驶安全性和操作稳定性等问题,对随动尾翼在汽车高速行驶时控制汽车产生升力的能力方面进行了研究,对多种翼型的随动尾翼控制汽车升力的能力进行了归纳,提出了一种前后对称翼型,利用 Fluent 对前后对称翼型随动尾翼与汽车进行了联合空气动力仿真,分析了不同尾翼迎角下前后对称翼型随动尾翼调控汽车升力大小和方向的能力。研究表明:在不同的汽车重量时,前后对称随动尾翼可以通过调整尾翼迎角控制汽车高速行驶时产生升力的大小和方向,不仅能增加汽车重量来增加高速行驶时汽车的动力性、行驶安全性和操作稳定性,也能减小汽车的重量来达到减少燃油消耗量、增加燃油效率、节能减排的目的。

关键词:汽车升力;迎角;尾翼;安全性;操作稳定性

中图分类号:U462.2;TH122

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2016)08-0915-07

Study of controlling the lift of car using the technology of follow-up tail

JI Shi-ming, CHEN Xian-bing

(School of Mechanical Engineering, Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the problems that the car after being lightweight is influenced by too much lift that the car had when at high speed with power performance, driving security and operational stability, the ability of the follow-up tail to control the lift of the car when at high speed was studied. The capability of follow-up tail with a variety of airfoil to control the lift was summarized, a kind of front and rear symmetrical airfoil was proposed. The capability of follow-up tail with front and rear symmetrical airfoil to control the magnitude and direction of the lift in different angles of attack was analyzed, by using Fluent to do the air dynamic simulation of the follow-up tail with front and rear symmetrical airfoil combined the car. The results indicate that when the car have different weight, the follow-up tail with front and rear symmetrical airfoil can control the lift that the car have when at high speed by adjusting the angle of attack, not only can increase the weight of the car to increase power performance, driving security and operational stability, but also can reduce weight of the car to reduce fuel consumption, increase fuel efficiency, achieve the purpose of energy saving and emission reduction at high speed.

Key words: lift of car; angle of attack; tail; driving security; operational stability

0 引言

预计到 2020 年,全球汽车将超过 14 亿辆^[1]。汽车的轻量化,可提高汽车的动力性,减少燃料消耗,降低排气污染^[2]。据统计,若汽车整车重量降低 10%,燃油效率可提高 6%~8%,油耗可减少 10%,排放量可降低 5%~6%^[3]。而且,由于汽车行驶时的惯性力、离心力等都与汽车的质量有关,实现汽车的轻量

化还有利于改善汽车的动力性、舒适性和操作稳定性^[4]。经过多年的发展,汽车轻量化取得重大的发展,如德国大众在 1998 年推出的路波 3 L TDI,汽车总质量只有 800 kg,奥迪公司推出的全铝轿车 Audi A2,汽车总质量只有 895 kg~990 kg。商用车系列产品中,汽车轻量化技术也开始得到了大量的应用,如意大利依维柯商用车,2004 年其驾驶室的质量已降为 960 kg^[5]。

与此同时,随着汽车越来越轻、行驶速度越来越

收稿日期:2016-03-25

作者简介:计时鸣(1957-),男,浙江温州人,博士,教授,博士生导师,主要从事机电控制及自动化、精密与超精密加工等方面的研究. E-mail: jishiming@zjut.edu.cn

快,汽车对行驶中车身产生的升力也越来越敏感。过大的升力会影响汽车的操作稳定性,主要表现在过大的升力减小了汽车对轮胎的压力,从而减小了轮胎和路面之间的附着力。轮胎和路面间的附着力与轮胎受到的压力成正比。汽车在行驶过程中往往会受到各种侧向力,如超车时旁边车辆对本车辆的侧向气动力,侧风对车身产生的侧向气动力,路面的倾斜产生的侧向力等等。这时候如果汽车没有足够的下压力,当汽车受到的侧向力超过轮胎的附着极限(最大附着力)时汽车就会侧滑^[6],这对高速行驶中的汽车是很危险的。另外,足够的附着力对汽车的动力性也有很大的影响。

同时,自动化技术和汽车物联网(简称车联网)技术的发展使得精确控制汽车行驶中的升力成为现实。通过车联网可以实现车辆之间的信息通信,实现整条高速公路上所有车辆风速、风向和升力等信息的共享,为每一辆汽车预判车身产生的升力大小。通过自动化控制技术可以实现对每一辆汽车升力的实时控制。

本研究针对轻量化后汽车高速行驶时过大的升力影响汽车的动力性、行驶安全性和操作稳定性等问题,对随动尾翼在汽车高速行驶时控制汽车产生升力的能力方面进行研究。

1 无尾翼汽车的空气动力计算

本研究中,附加尾翼后的汽车物理模型较为复杂,需要设置两个密度盒加密网格,网格数量巨大,占用计算资源多,单次计算时间长、次数多。标准 k-epsilon 是应用最广泛的湍流模型,它在计算汽车外流场方面的计算应用较为普遍,其计算结果与风洞实验结果相比误差在 5% 以内,能够达到工程需求。因此,本研究采用标准 k-epsilon 模型计算。所谓的标准 k-epsilon 模型是两方程的高雷诺数湍流模型,其中 k 方程是:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \text{div}(\rho u k) = \text{div}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right) \cdot \text{grad} k\right] - \rho \varepsilon + \mu_t P_c \quad (1)$$

Epsilon 方程是:

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \text{div}(\rho \mu \varepsilon) = \text{div}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right) \cdot \text{grad} \varepsilon\right] - \rho C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} + \mu_t C_1 \frac{\varepsilon}{k} P_c \quad (2)$$

式中: $\mu_t = \rho C_\mu k^2 / \varepsilon$; k —湍流动能; ε —湍流耗散率; ρ —流体密度; C_μ, C_1, C_2 —常数; μ —速度矢量。

以某型汽车的外型为参照,用 SolidWorks 建立的 CFD 模型如图 1 所示(车长 4 488 mm,宽 1 733 mm,高 1 415 mm)。

本研究在流体网格划分软件 ICEM CFD 中划分四面体网格,在汽车周围用密度盒加密,在汽车表面划分三层边界层网格,第一层网格高度为 1.3 mm。网格划

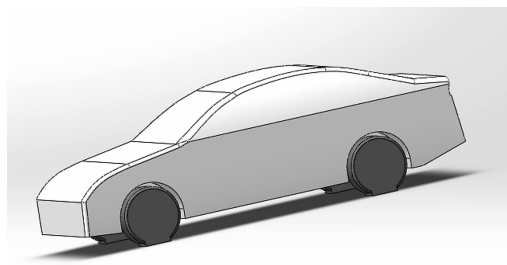


图 1 汽车物理模型

分完成后,统计网格数量为 4.20×10^6 。将网格导入 Fluent 后设置边界条件,入口边界为速度入口,速度为 25 m/s;出口边界为压力出口;地面边界为移动壁面;其余为静止壁面。

本研究采用 SIMPLE 算法和二阶迎风格式,经过 1 500 步迭代后查看进出口流量差仅为 $(9.072\ 77e-06)$ kg/s,平均 Yplus 值在 35 左右,符合 k-epsilon 模型和标准壁面函数对 Yplus 值的要求。计算得到整车阻力系数为 0.393,阻力为 341.462 N,升力系数为 0.132,升力为 114.774 N。

2 前后对称尾翼的研究

2.1 汽车尾翼的空气动力原理

目前比较普遍的减少汽车在高速行驶时产生的气动升力的方法是在车尾行李箱盖上加装一个尾翼。这传统的汽车尾翼就是一个倒置机翼。负迎角越大,产生的负升力也越大。

升力的计算公式是:

$$F_l = \frac{1}{2} C_l \rho v^2 s \quad (3)$$

阻力的计算公式是:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho v^2 S \quad (4)$$

式中: F_l —升力, C_l —升力系数, ρ —空气密度, v —来流的速度, s —机翼的表面积, F_d —空气阻力, C_d —阻力系数, S —机翼的迎风面积。

但是,在很多情况下汽车是不用尾翼产生下压力的。例如,车上坐了很多乘客或者放了很重的行李,如果此时能改变汽车的空气动力参数产生一个正的升力就可以达到类似汽车轻量化的效果,达到节能的目的。

2.2 上下对称翼型

本研究根据这个要求提出第一种方案:一个上、下表面对称的翼型,其原理如图 2 所示。图 2 中所示的翼型 1,仅通过改变翼型的迎角来改变翼型产生的升力。

通常翼型在迎角为 20° 左右达到升力系数的最大值^[7-10]。本研究取翼型弦长为 0.2 m,翼展长为 1.2 m 建立翼板物理模型导入 ICEM CFD 划分四面体网格,在翼板周围用密度盒加密。

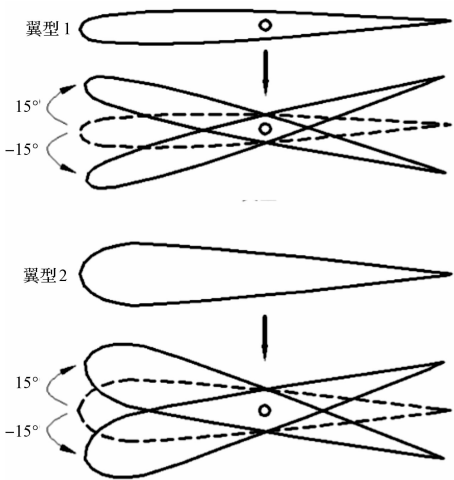


图 2 上、下对称翼型旋转原理图

上、下对称翼型 1 的网格如图 3 所示,第一层网格高度为 0.8 mm,划分 3 层边界层网格。

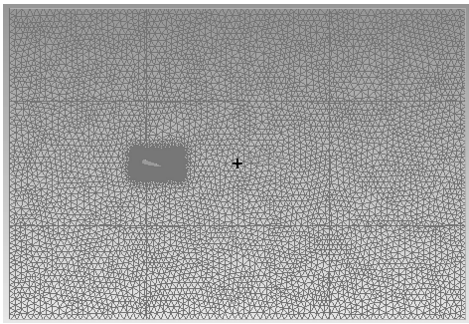


图 3 上、下对称翼型 1 的网格

本研究将划分完成后的网格文件导入 Fluent,选用标准 k-epsilon 模型和标准壁面函数,采用 SIMPLE 算法和二阶迎风格式,设置边界条件,入口边界为速度入口,速度为 25 m/s,出口边界为压力出口,地面边界为移动壁面,其余为静止壁面。经过 1 000 步迭代得到翼板的升力为 73.284 6 N,升力系数为 3.049,阻力为 13.912 N,阻力系数为 0.578。进出口流量差为 5.799e-06 kg/s,平均 Yplus 值在 30 左右。

笔者估计这个翼板的最大升力在 75 N 左右,这还小于汽车的升力 115 N,调控范围并未达到要求。由于翼型的相对厚度、相对弯度和前缘半径对翼型的最大升力影响较大,再考虑到翼型是上、下对称翼型,本研究选取第二种上下对称翼型,就是图 2 中的翼型 2。

翼型 2 与翼型 1 相比,相对厚度和前缘半径都较大。本研究旋转 15°取相同的弦长和翼展建立翼板物理模型,导入 ICEM CFD 划分网格后导入到 Fluent 计算,得到升力为 75.443 N。与翼板 1 对比后发现升力和升力系数都没有较大的提高。两个翼板对称面的压力云图如图 4 所示。

翼板截面的上、下表面压力曲线图如图 5 所示。

从图 5 上可以看出两个翼型上、下两个面的压力分布比较相似。在 0.08 m 以后两个翼型上、下面压力

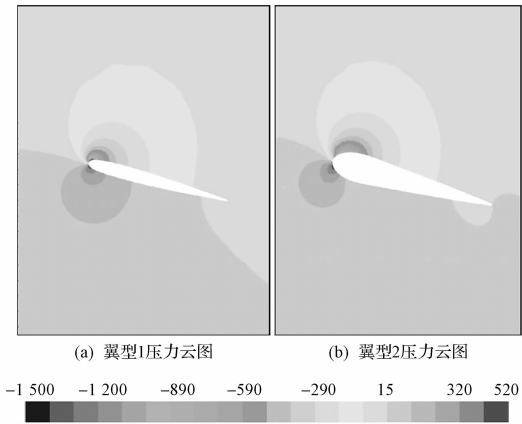


图 4 翼型 1 和翼型 2 压力云图

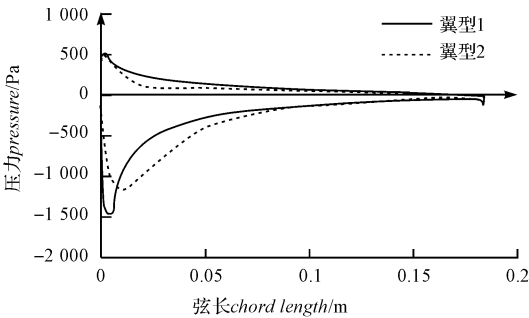


图 5 翼型 1 和翼型 2 压力曲线图

基本相同。在 0~0.08 m 这一段翼型 2 上、下压力曲线围成的面积只比翼型 1 略大一点。所以翼型 2 的升力只比翼型 1 略大一点。

两个翼型的前缘上表面速度矢量图如图 6 所示。

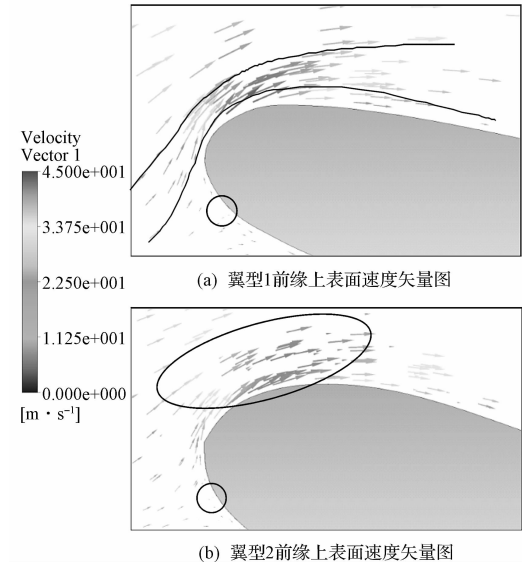


图 6 翼型 1、翼型 2 前缘上表面速度矢量图

图 6 中,小圆圈表示的地方就是速度为 0 的点,也叫驻点。这一点是整个流场中速度最小的点。根据伯努利定理,这一点是整个流场中压力最大的点。从这一点开始,气流分为两股,其中的一股沿着翼型上表面往上流。由于翼型上表面向上凸起,迅速将表面附件

的气流向上排挤,导致翼型前缘上表面附近气流管线迅速收缩,形成类似喇叭状的管线,就像图 6 中黑色曲线表现的那样。

当气流从驻点流过翼型前缘上表面时,气流迅速增大,压力迅速减小,这就在翼型前缘上表面附近造成一个低压区。与此同时,稍微远离翼型上表面的气流在经过这个区域时,由于受到下方气流的影响,管线也稍稍的收缩,再加上这个区域本身的速度场的影响,流速加快,这就导致了低压区从翼型前缘上表面向周围扩大,形成了如图 4 中所显示的翼型前缘上表面的低压区。图 6 中椭圆所标示的就是翼型 2 前缘上表面形成的喇叭状管线的区域。由于翼型 2 机翼前缘半径比翼型 1 要小,所以翼型 2 喇叭状管线区域管径收缩率比翼型 1 要小,这导致翼型 2 流场中气流从驻点流过翼型前缘上表面后流速被加速的较小。但是,翼型 2 前缘最大相对厚度位置比翼型 1 靠后,气流在翼型 2 前缘上表面加速的范围更大,这就是图 4 中翼型 2 前缘上表面低压区比翼型 1 前缘上表面低压区更大的原因,也是图 5 中在 0~80 mm 区间翼型 2 负压曲线像翼型 1 那样快速回升的原因。

翼型 1 和翼型 2 前缘下表面的速度矢量图如图 7 所示。

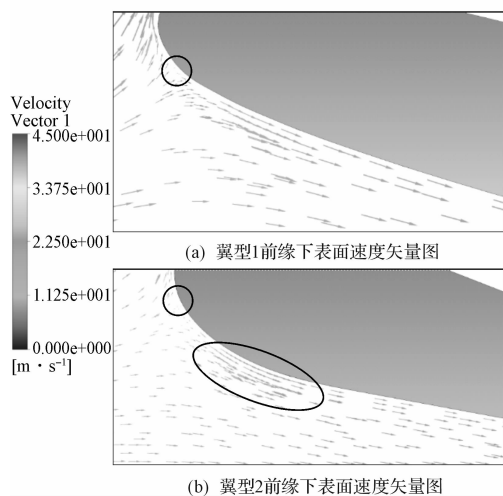


图 7 翼型 1、翼型 2 前缘下表面速度矢量图

图 7 中,小圆圈表示的就是驻点的位置。由于翼型 1 前缘下表面气流流过的线路比较平坦,并没有类似喇叭状的管线,只是受到后面的流体微团的挤压所以气流速度并没有大幅度增大,仍处于流速较低的范围,同时周围的气流也受到这个区域速度场的影响,气流速度降低。这就在翼型前缘下表面形成一个高压区。翼型 2 与翼型 1 不同,最大相对厚度位置比翼型 1 靠后,所以翼型 2 驻点下表面有一个较小的向下凸起,这就在驻点下面形成一个较小的喇叭状管线,就是图 7 中椭圆标注的地方。于是气流从驻点向下流过这里后速度有略微的增加。这导致翼型 2 下表面的流速

比翼型 1 大。这就是翼型 2 下表面的高压区比翼型 1 下表面小的原因,也是图 5 中翼型 2 正压曲线比翼型 1 低的原因。

综合上、下表面压力情况,如图 5 所示,翼型 2 上、下表面压差并没有比翼型 1 大很多,即翼型 2 并没有产生比翼型 1 大得多的升力。当然可以增加迎角来使驻点的位置向下移动到翼型下表面凸起的下面,来避免从驻点向下流动的气流形成喇叭状的管线。但是,增加迎角会增加翼型在气流速度方向的迎风面积,增加翼型受到的阻力,所以过大的迎角并不经济。

综上所述,在合适的迎角的情况下,增大上、下对称翼型的前缘半径和相对厚度并不能大范围地增大翼型的最大升力。

2.3 前后对称翼型

方案二则是在方案一的基础上加上了翼型上、下表面几何差这个因素,即前后对称翼型。前、后对称翼型旋转演示图如图 8 所示。

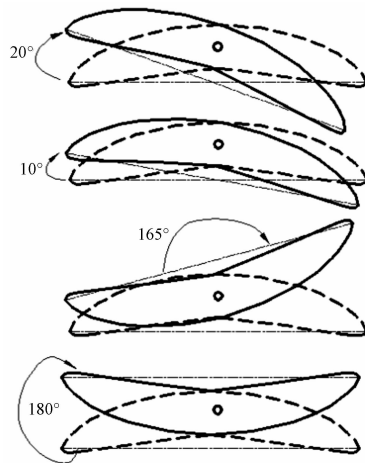


图 8 前、后对称翼型旋转演示图

方案二的关键是想要让翼型产生下压力的时候就让翼型大角度的旋转,将原本翼型的上表面转到下表面,原本的下表面转到上表面,这就是当翼型大角度旋转的时候,原本的翼型前缘就转为翼型后缘,原本的后缘就转为前缘。

如图 8 所示,在正升力时,调整升力的过程与方案一相同,就是将翼型从原本的虚线位置(0 迎角)顺时针方向旋转 10°或者 20°。要把翼型调到负升力位置时,就是将翼型从原本的虚线位置(0 迎角)旋转超过 90°,比如 165°或者 180°,将原本翼型的上表面调到下表面,下表面调到上表面;将原本翼型的前缘调到后缘,后缘调到前缘。由于翼型是前后完全对称的,这个过程就相当于先将翼型在 0 迎角时倒置,再逆时针转 15°(相对于图 8 上的 165°),或者不旋转(相对于图 8 上的 180°)。

本研究选取双凸型、平凸型和弓翼型各一个,3 个新翼型图如图 9 所示。

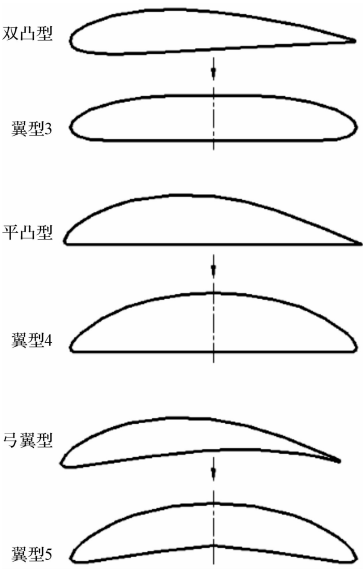


图 9 3 个新翼型图

笔者找到相对厚度最大的部分将翼型分为两段,取前缘部分,然后左、右对称,将前缘对称到后缘。改好的新翼型,将这 3 个翼型分别记为翼型 3、翼型 4 和翼型 5。

笔者将 3 个新翼型分别建立物理模型导入 ICEM CFD 划分网格后再导入 Fluent 计算结果统计如表 1、表 2 所示。

表 1 3 个翼型的升力和升力系数表

翼型	升力及系数	0°迎角	15°迎角	18°迎角	20°迎角
翼型 3	F_l/N	27.458 8	82.943	90.352	93.448 4
	C_l	1.564 8	2.744 8	2.722 6	2.653 7
翼型 4	F_l/N	36.839 8	111.278 8	121.219 4	125.373
	C_l	1.929 1	3.383 8	3.356 5	3.2715
翼型 5	F_l/N	85.250 4	126.637 4	135.094	139.103
	C_l	2.579 1	3.850 9	3.740 7	3.632 9

注: F_l —升力; C_l —升力系数

表 2 3 个翼型的阻力和阻力系数表

翼型	阻力及系数	0°迎角	15°迎角	18°迎角	20°迎角
翼型 3	F_d/N	5.015 6	12.053	14.936 6	17.132 8
	C_d	0.284 7	0.398 9	0.448 3	0.484 6
翼型 4	F_d/N	6.260 4	15.044 2	18.643 4	21.384 6
	C_d	0.327 8	0.459 3	0.516 2	0.558
翼型 5	F_d/N	6.729 4	17.433	20.931 6	23.661
	C_d	0.385 9	0.530 1	0.579 6	0.584 8

注: F_d —阻力; C_d —阻力系数

从表 1、表 2 中可以看出:①3 个前后对称的翼型在迎角为 15°时产生的升力都比两个上、下对称翼型大;②在迎角为 0°、15°、18°和 20°的时候,翼型 5 在 3 个翼型中产生的升力是最大的。

3 种翼型在 15 度时的压力云图和压力曲线图分别如图 10、图 11 所示。

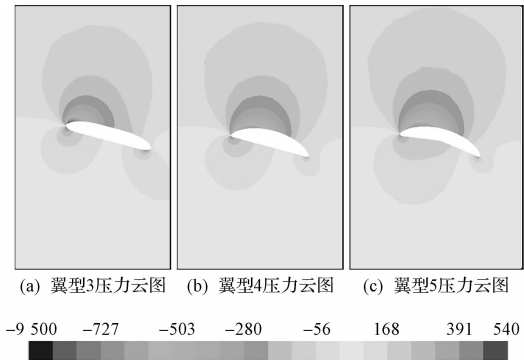


图 10 翼型 3、翼型 4 和翼型 5 压力云图

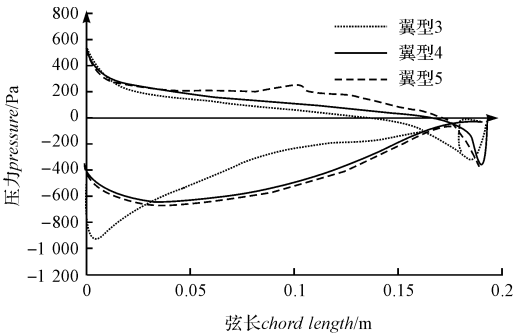


图 11 翼型 3、翼型 4 和翼型 5 压力曲线图

从 3 个翼型的压力云图上可以明显地看出翼型 4 下表面的高压区大于翼型 3,上表面翼型 4 低压区大于翼型 3,所以翼型 4 升力大于翼型 3。翼型 5 和翼型 4 的上表面压力相似,但是翼型 5 下表面高压区域大于翼型 4,所以翼型 5 升力大于翼型 4。同时,从压力曲线图上看,翼型 4 和翼型 5 上下两条曲线围成的面积都大于翼型 3,所以翼型 5 和翼型 4 升力大于翼型 3。翼型 5 和翼型 4 在小于 0.05 m 以前这一段上、下表面压力差相似,但是,在大于 0.05 m 这一段翼型 5 上、下两条曲线围成的面积大于翼型 4,所以翼型 5 的升力大于翼型 4。

3 个翼型前缘上表面速度矢量图如图 12 所示。

图 12 中小圆圈是驻点的位置。对比图 12(a~c) 3 部分可以看出,翼型 3 气流从驻点流过喇叭状管线后迅速加速到一个较大的数值,由于翼型 3 前缘半径比翼型 4 和翼型 5 要大很多,所以气流速度增加的速度比翼型 4 和翼型 5 要快的多;另一方面,翼型 4 和翼型 5 的相对厚度比翼型 3 要大,最大相对厚度位置比翼型 3 要靠后,所以翼型 4 和翼型 5 前缘上表面气流加速持续的范围比较大。对比于图 11 的 3 条负压力曲线图,翼型 3 从前缘开始曲线迅速下降,但又迅速回升,而翼型 4 和翼型 5 曲线虽然刚开始缓慢下降,且最小压力没有翼型 3 小,但是曲线并没有迅速回升,持续在低压区的范围比较大。这也对应于压力云图中,翼型 4 和翼型 5 前缘上表面低压区比翼型 3 要大得多。

3 个翼型前缘下表面速度矢量图如图 13 所示。

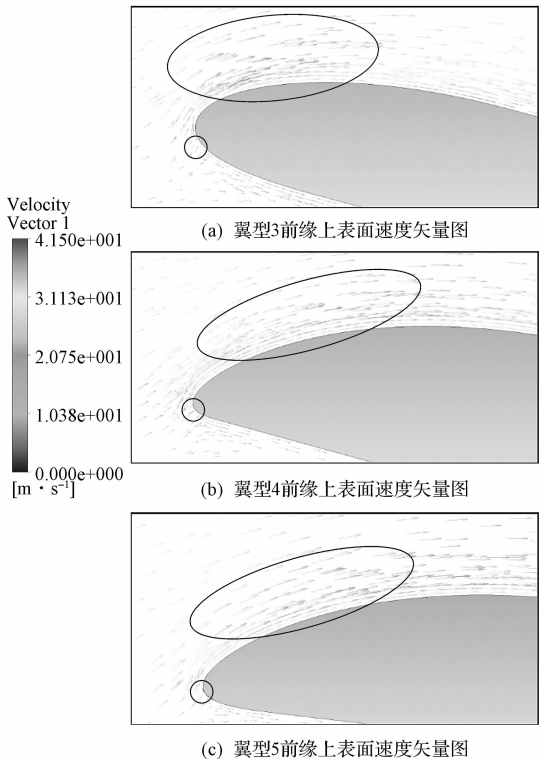


图 12 翼型 3、翼型 4 和翼型 5 前缘上表面速度矢量图

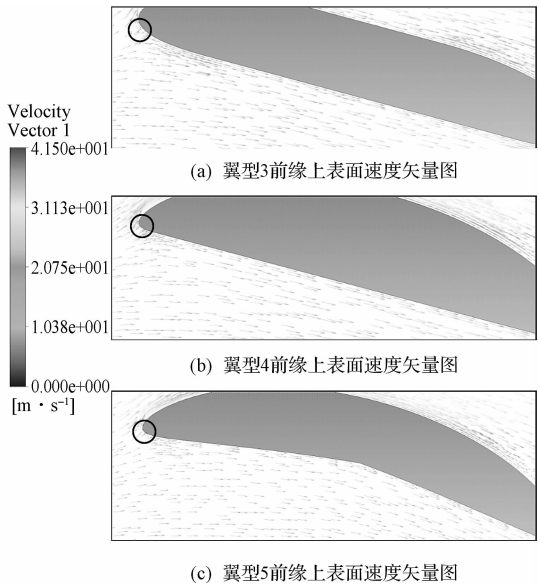


图 13 翼型 3、翼型 4 和翼型 5 前缘上表面速度矢量图

从图 13 中可以看出,由于 3 个翼型都不是上、下对称的,尽管 3 个翼型前缘上表面都有较大的前缘半径或者相对厚度,但是下表面都没有出现喇叭状的管线。所以气流从驻点向下流的时候都没有明显的加速。虽然翼型 3 前缘下表面是向下凸的且前缘半径比较大,但是当翼型 3 处于 15°迎角的时候,驻点位置比较靠后,气流从驻点向下流过时,没有形成明显的喇叭状管线。对比翼型 4 和翼型 5 的下表面,由于翼型 5 下表面是向内凹的,所以翼型 5 下表面斜角比翼型 4 要小,导致前半部分翼型下方管线收缩情况没有翼型

4 大,气流速度没有翼型 4 增加的快。对应于图 11 中,翼型 5 正压力曲线前缘开始就比翼型 4 要高。但是在翼型后半部分,翼型 5 下表面的斜角比翼型 4 要小,所以在后半部分,翼型 5 下方区域气流加速比翼型 4 要快。对应于图 11 中,翼型 5 正压力曲线在后半段减少的速度比翼型 4 要快。

综上所述,前、后对称翼型(特别是弓翼型)在升力调控能力上比上下对称翼型要好。

3 汽车联合尾翼的仿真及仿真结果分析

本研究在三维建模软件里将翼型 5 放置在汽车的尾部。根据前人的研究,当尾翼下表面距离汽车上表面 0.8 倍的弦长时,升力最大^[8]。将建好的模型导入 ICEM CFD 划分好网格,在汽车周围加密第一层网格,加密区网格大小设置为 64 mm,在尾翼附加加密第二层网格,加密区网格大小设置为 8 mm,在汽车和尾翼表面拉伸三层边界层网格,第一层网格高度为 1.3 mm。划分完成后统计网格数量为 8.2×10^6 。

笔者将划分后的网格文件导入 Fluent 计算。以 -20°、-15°、0°(向下弯曲)、5°、8°和 15°为例,计算结果如表 3 所示。

表 3 25 m/s 时不同尾翼迎角下汽车的升力和阻力				
迎角	升力/N	升力系数	阻力/N	阻力系数
-20°	-88.86	-0.102 3	389.079	0.447 8
-15°	-57.448	-0.071	375.975	0.432 7
0°(向下弯曲)	3.012	0.003 5	349.174	0.401 9
5°	151.188	0.174 1	350.24	0.403 1
8°	157.384	0.181 2	353.497 8	0.406 9
15°	191.71	0.220 7	357.662	0.412

表 3 中的 -15°和 15°迎角下汽车对称面压力云图如图 14 所示。

从图 14 中可以看出,尾翼在汽车尾部无论是正迎角还是负迎角都能发挥它的作用。在迎角 -15°时产生负升力,在迎角为 15°时产生正升力。

轻量化后的汽车,汽车抗侧向力(超车时旁边车辆对本车辆的侧向气动力,侧风对车身产生的侧向气动力,路面的倾斜产生的侧向力等)干扰的能力减弱。

高速行驶中的汽车会产生较大的升力,在汽车转弯或者受到侧向力干扰时,如果车上乘客和行李较少,再加上轻量化导致的汽车重量的减少和升力的存在,汽车的重量不足以提供足够的下压力,汽车出现侧滑,甩尾等不安全现象的可能性就会增加。此时就可以将尾翼的迎角调整为 -20°或者 -15°。比如,在尾翼为 -20°时,汽车的升力系数为 -0.102 3,在 25 m/s 时可以增加大约 90 N 左右的下压力,35 m/s 时可以增加大约 180 N 的下压力,在 45 m/s 时可以增加大约

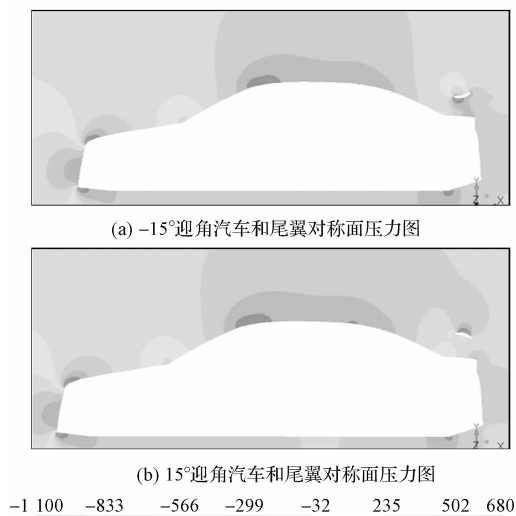


图14 迎角为 -15° 和 15° 时汽车和尾翼对称面压力云图

300 N的下压力,降低汽车出现侧滑,甩尾等不安全现象发生的概率,增加汽车的行驶稳定性和安全性,提高汽车的转向性能。但是在这个尾翼迎角状态下汽车的气动阻力系数增加到0.447 8,阻力大幅增大,而且增加的下压力也会增加汽车的燃油消耗量,长期在这个尾翼迎角的状态下行驶不利于汽车的节能减排。

如果汽车没有收到较大的侧向力的干扰,仅是高速行驶时产生较大的升力导致汽车下压力不足,轮胎和路面之间的附着力减小,影响汽车行驶过程中的动力性和操作稳定性。此时可以调整汽车尾翼的迎角为 0° (向下弯曲)。在这一迎角下汽车的升力系数为0.003 5,接近于0,可以避免升力的干扰,增加汽车行驶的动力性和操作稳定性。此时阻力系数为0.401 9,与尾翼迎角为 -20° 时的0.447 8相比有大幅减小。而且,由于没有增加较大的下压力车身重量也有所下降,不会幅度增加汽车燃油消耗量。与汽车无尾翼时阻力系数为0.393相比也只是略微增大。

如果汽车的重量足够大,升力不足以影响汽车的操作稳定性和动力性,可以调整汽车的尾翼迎角为 5° 或者 8° 。在这个迎角下汽车的升力系数为0.174或者0.181。以 5° 为例,在25 m/s时,汽车可以产生152 N的升力,相当于减少了15 kg的质量,在35 m/s时,汽车可以产生300 N的升力,相当于减少了30 kg的质量。在45 m/s时,汽车可以产生500 N的升力,相当于减少了50 kg的质量。而该迎角下阻力系数为0.403 1,相对于无尾翼时的0.393只是略微增加,气

动阻力增加的燃油消耗量较少,相对于 0° 迎角时的0.401 9几乎相同,相对于 -20° 迎角时的0.432 7,大幅减少,达到节能减排的目的。

4 结束语

本研究基于低速空气动力学提出两种可调节升力的汽车尾翼,在导入流体力学计算软件Fluent计算后,通过分析翼型截面的压力云图和压力曲线图发现,前、后对称的翼型相比于上、下对称的翼型特别是弓型翼在调节升力的能力上有很大的提高。将翼板装在汽车尾部后,通过调整翼板迎角从 $0^\circ \sim 165^\circ$ 可以达到增加汽车的升力和降低汽车的升力的目的。在达到增加汽车高速操纵稳定性的同时也能变相的达到汽车轻量化的目的。

本研究由于篇幅的限制并没有考虑到加装尾翼端板后的情况。尾翼端板能够减小翼尖涡的影响,从而增加翼板调控升力的能力,同时减小翼板的阻力。加装尾翼端板后能够增加随动尾翼的对汽车燃油经济性、动力性和行驶稳定性的影响。

虽然在目前尚且无法实现汽车升力随着车速、车重变化的精确控制,但是随着汽车物联网技术和自动化技术的发展实现这一目标指日可待。

参考文献(References):

- [1] 季枫. 白车身参数化建模与多目标轻量化优化方法研究[D]. 长春: 吉林大学汽车工程学院, 2014.
- [2] 胡颂韩. 整体式驱动车桥的轻量化设计与试验研究[D]. 长沙: 湖南大学机械与运载工程学院, 2012.
- [3] 胡朝辉. 面向汽车轻量化设计的关键技术研究[D]. 长沙: 湖南大学机械与运载工程学院, 2010.
- [4] 范子杰, 桂良进, 苏瑞意. 汽车轻量化技术的研究与进展[J]. 汽车安全与节能学报, 2014, 5(1): 1-16.
- [5] 张乐. 空气动力特性对汽车操作稳定性影响的仿真研究[D]. 合肥: 合肥工业大学机械工程学院, 2002.
- [6] IAN B, KEVIN G. Improving the Aerodynamic Stability of a practical, low drag, Aero-Stable Vehicle[R]. New York: SAE TECHNICAL PAPER SERIES, 2000.
- [7] 王秉良, 鲁嘉华, 匡江红, 等. 飞机空气动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013.
- [8] 马金英, 付强, 潘作峰, 等. 某SUV气动特性仿真分析与试验研究[J]. 兵工自动化, 2015, 34(7): 33-36.
- [9] 谭永岗. 汽车冷气候试验研究[J]. 机械, 2013, 40(S1): 1-4.
- [10] 付强. 轿车尾翼间隙和攻角的数值风洞研究[D]. 长春: 吉林大学汽车工程学院, 2006.

[编辑: 李辉]

本文引用格式:

计时鸣, 陈先兵. 随动尾翼技术在调控汽车升力方面的研究[J]. 机电工程, 2016, 33(8): 915-921.

Ji Shi-ming, CHEN Xian-bing. Study of controlling the lift of car using the technology of follow-up tail[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2016, 33(8): 915-921.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>