

空气动力学在汽车维修中的应用

◆文/辽宁 陈兆俊



陈兆俊

(本刊专家委员会委员)

1992年参加工作后一直从事汽车检测与维修工作,熟悉汽车底盘维护、发动机维修及电控系统的检测等汽车检测维修及改装工作。在日系车型的电控燃油喷射发动机、电控自动变速器、ABS、电子/空气悬架系统、安全气囊控制系统等方面有较多的探究和经验。2008年至今于大连职业技术学院汽车工程技术系任教,主要讲授汽车检测维修技术方面的专业课程。

在汽车的发展过程中,空气动力学对汽车研发设计产生了巨大的影响。汽车动力学最初的研究主要集中在降低空气阻力、提高燃油效率上。然而,在汽车的使用中发现空气动力学产生的升力和侧向力对汽车行驶的稳定性的影响有着重大影响,甚至会威胁到汽车的行驶安全。

如今正处于汽车性能飞速发展的时代,对汽车的舒适性及安全性也提出了更高的要求,因此,由空气动力学产生的风噪声及气流污染问题也随之显现出来。如何减小空气动力学对汽车使用所产生的不利影响,不只是设计研发者要思考的问题,也是汽车的使用者和维修人员要共同思考的问题。在车辆的维修使用过程中在空气动力学方面产生的问题也逐渐受到了广泛关注。

一、空气阻力对汽车行驶功率的影响

汽车的空气阻力是由汽车表面和空气间的相对运动造成的。汽车是在空气介质中运动的,在一般的行驶速度下空气可以视为不可压缩。从物理概念上(忽略车轮的转动和汽车在行驶路面上的空气边界层),汽车与空气间的相对运动与汽车是在静止的空气中运动还是空气以相同的速度向静止的汽车流动(如在风洞中的汽车模型试验)无关。汽车行驶时,汽车前端将空气向两边推开,空气就被滞止。在汽车后端,空气质点不能无干扰地汇流到一起,从而产生负压。汽车前、后端的空气压力差形成汽车的空气压力阻力。汽车表面和黏性空气间的摩擦产生摩擦阻力,由于出现涡流而产生附加阻力。乘用车的空气摩擦阻力约占总阻力的10%,摩擦阻力和附加阻力的大小与汽车形状有关。例如,车身前部较陡的“全背”式汽车在行驶时,汽车表面上大部分的气体出现分离,使压力阻力增加;而流线型的汽车尾部的压力阻力虽然较小,但会出现严重的空气涡流,从而产生附加阻力,其他的空气阻力项还包括空气流过散热器、接缝处和通风系统产生的内部阻力。

空气阻力是影响汽车行驶功率和燃油消耗的主要因素之一。除其他的一些影响参数外,空气阻力对燃料消耗的影响,与汽车的使用条件关系较大,高速行驶

所占的份额越高,则影响越大。假定汽车的高速行驶占整个行驶过程的比例为1/3,且假定汽车变速器总是处于最佳的匹配状态,则通过对某中档汽车的燃料消耗统计计算表明,在空气阻力减小10%时,燃料消耗约可以降低3%~4%,同时汽车的最高行驶速度约可以提高3%。其他类型的汽车空气阻力对汽车行驶功率影响的趋势也大致相同。因此,现代汽车的外型设计在满足用户期望要求的前提下,加入了降低空气阻力的考虑因素,不断地优化车身的各个参数设计,以降低研发车型空气阻力系数。

在维护使用的过程中,虽然对车辆的外形不能做较大的改变,但可以通过对汽车底部的改装达到减小空气阻力对汽车动力性影响的目的。汽车下侧底边的空气阻力约占总空气阻力的50%,其中约10%的空气阻力来自开式的车轮罩,约25%的空气阻力来自车轮,汽车底部的空气阻力只占总空气阻力的15%。现代汽车的制造使车身越来越光滑,但不可避免的还有不光滑的干扰处,例如为冷却废气并提供膨胀空间的排气系统、为保证车桥有一定运动自由度的空间以及燃油箱和车身地板间的开口(在车尾碰撞时开口可为车身提供变形的行程而不致损伤燃油箱)等。为降低空气阻力,可以在乘用车上,加装包裹底部、配置优化结构的车轮,这些举措具有可降低空气阻力系数0.01至0.02的潜力。

二、空气动力对汽车行驶安全性的影响

空气在汽车上的环流产生3个方向的力,继而产生固定在汽车上坐标系的3个坐标轴的力矩,汽车受到的力和力矩如图1所示。在纵向方向的力和阻力影响汽车的行驶功率,其外部的力和力矩则影响行驶状态和行驶安全性,尤其作用力是不对称的侧向风作用力的影响。影响汽车行驶状态和行驶安全的自身因素包括底盘、汽车重心、空气动力及驱动功率等。

随着高速公路的建设发展和汽车性能的改善,目前的汽车已达到在车桥上出现“升力”的汽车速度。车速超过160km/h后,由于出现“升力”现象而影响车辆行驶安全性能,如转向性能、弯道或车道变换

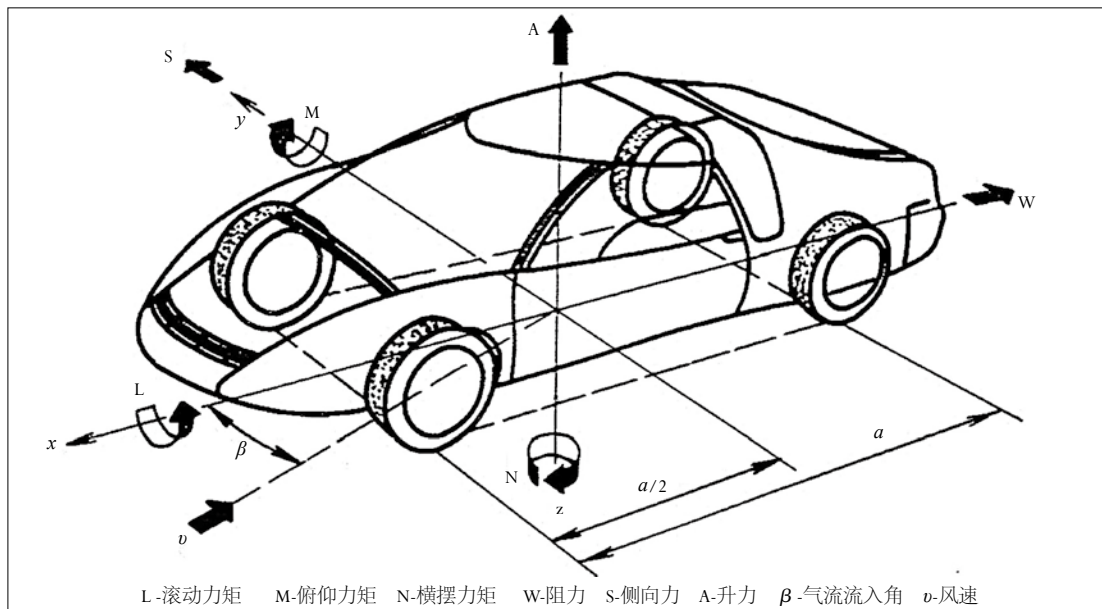


图1 汽车受到的力和力矩

性能、高速时的转向反馈及高速时的摆动等。在车辆维修改装过程中,通过修改底盘的结构参数可以弥补不理想的“升力”分布。

汽车在行驶过程中,空气绕汽车流动,其不只作用在汽车的整体上,也作用在各个零部件上。汽车表面的部分范围上(如侧窗玻璃上)的空气压力分布(不同的压力分布)会产生局部的力和载荷。例如在乘用车头部的空气负压峰值产生一个会使发动机室盖抬高一点的力,在车速达200km/h时,在乘用车前部的发动机室盖范围的向上力,根据头部形状的不同约为300~500N,由此可以看出,在汽车使用与维修中要保证乘用车的发动机室盖锁的可靠性非常重要,在A柱后面的力约为该值的一半。在侧向风作用下,侧窗玻璃上的力也可达到300~500N。在关闭侧窗玻璃的过程中,这些力会导致在下部的侧窗玻璃不能进入导向槽的故障。

静态的压力载荷也会压瘪乘用车前部的导流板、损伤挡水板、移动外反光镜等。周期性的气流分离会激励部件的振动而损害它们的寿命或功能,在反光镜座的周期性球状涡流在高速行驶时会引起反光镜玻璃的异常振动,在高速行驶时还会出现发动机室盖的振动。

三、空气动力对风噪声的影响

在汽车内的乘员能够听到的噪声有很多,其中部分噪声来自于车外,并通过隔声而降低。而有些噪声源来自于汽车本身或内部。除掉音响、报警提示音等,主要有三种不同的噪声源:发动机的噪声、车轮在地面上的滚动噪声及风噪声。发动机的噪声和滚动噪声随着技术的发展而被成功降低,与此同时,风噪的问题就日趋显现了,想要降低风噪声就要从风噪声源寻找方法。

风噪声主要源于两个方面:其一是因为部件间的不密封性,主要是车门和车窗玻璃的不密封性;其二是源自车身钢板的开口缝隙部分。由于空气的挤压效应,车身外侧部分的空气流速增大而出现较高的负压(在A柱后面附近的负压就是这种情况)。在汽车的内部,按通风和采暖情况出现的空气压力变化,如果密封不好将从缝隙中出现从内向外的气流并引起噪声。在汽车高速行驶时,在前车门侧窗玻璃上的负压会使车门框架产生运动,向外的移动量有时可达2mm。如果车门的密封系统不够理想,则会产生高分贝的气流声。

在发动机的进气管道中,常见到安装有空腔的谐振装置,其目的是降低发动机的进气噪声。如果气流从车门、行李箱、发动机室等的盖缝垂直流过,由于干扰会引

起空腔谐振,产生噪声。气流流动的噪声频率为500~3000Hz,噪声的频率范围会受到缝隙后面流通断面的影响,噪声的强度与缝隙后棱边是否突入气流中或缝隙后棱边是否在气流中回跳有特别大的关系。由此看来,在汽车的生产、使用和维护保养过程中,有效的密封是降低风噪声的主要方法。

汽车活动天窗的轰鸣声也是我们常听到的一种风噪声。常出现在车速为40~60km/h时,气

流从敞开的活动车顶流出时,按赫尔姆兹(Helmholtz)谐振器原理,整个车内激起振动,其典型的频率约为20Hz。若采用导风板,可以根据实际情况调谐,能够起到降噪的作用,采用打孔的、尖角的或者网格状导风板通常要比光滑的导风板调谐效果好。总体来说,行驶过程中开启天窗产生的噪声很难有效降低,即使安装导风板效果也并不理想。

在汽车车体轮廓上的气流分离,形成涡流和湍流的压力波动,压力波动冲击汽车表面形成激励振动是噪声产生的另一个原因。如A柱处的气体涡流,会产生宽频噪声。在侧向风变换的情况下,A柱处的气体涡流特别明显。解决的方法就是通过改变A柱的造型来降低A柱处的涡流,由于汽车在设计的过程中经过风洞试验,其结构基本为最佳,汽车使用及维修过程中只能通过提高侧窗玻璃部位隔声效果来降低噪声等级。

气体在像天线、车桥、反光镜、风窗玻璃刮水器的突出部件处分离。如在后部的杆式天线处形成卡曼(Karman)涡流,会产生高强度的单一音调。所以现代汽车的天线多采用斜置杆式天线,至少倾斜45°,并在杆式天线周围使用螺旋圈来消除噪声的单一音调。由于功能的需要,车桥和风窗玻璃刮水器不能制成有利于气体流动的形状,所

以在设计时通常避免将它们安装在气体直接流入处, 如风窗刮水器一般都隐藏在发动机室盖的下面。在使用和维护的过程中要注意到这种安装要求, 这种设计不仅是为了美观, 也是为了满足降低风噪声的要求。

另外需要说明的是外后视镜同A柱处的涡流和填料同样也是常见噪声源。值得注意的是后视镜体处或后视镜体后面的气流分离产生的噪声, 要比气体在后视镜体与风窗玻璃的狭小间隙加速、后视镜支座处的气体环流、后视镜支座与车门间的不密封性或者后视镜插入汽车内部的不密封性所引起的气流噪声要小得多。这是在汽车使用与维修中, 分析查找风噪声的根源尤其应该注意的环节。总之降低风噪声的关键还是在于有效处理好密封和隔音两个环节。

四、空气涡流对车内空气质量的影响

汽车常在夹杂着不均匀的微粒的空气中行驶。空气中微粒包含各种气体、尘埃、水蒸气、昆虫等。由于这些微粒的密度(质量)不同, 其惯性也不同, 导致其在气流运动中轨迹不同。

气态的微粒随着空气流动, 如发动机排出的废气在与空气短暂混合后几乎均匀地一起流动。因为靠近地面的废气浓度高, 为了避免发动机排出的废气进入车内, 汽车车内空气的进口应尽可能高些, 空气的进口通常布置在车辆的前部即风挡玻璃前的导风处。

尘埃的密度相对气态物质密度要大一些, 它也符合上述的运动规律, 同样也可能吸入车内。由车轮甩出的汽车底下的尘埃经尾部涡流到达汽车尾部, 也可以从前轮的轮罩罩到达车门的缝隙, 甚至会到达车门框上部的缝隙。当汽车内有较大的空气负压时, 如开启天窗时, 尘埃可以通过车门缝隙和排水孔进入车内, 并从车门内沿风窗玻璃进入车内。这是因为空气压力分布沿车门外缝隙是变化的, 在通风道中产生气流。在后面车门下面的尘埃以这种方式吸入通道, 并输送到前轮后面的A柱处车门垂直缝隙或者输送到C柱处车门上部的缝隙。这也是在车门

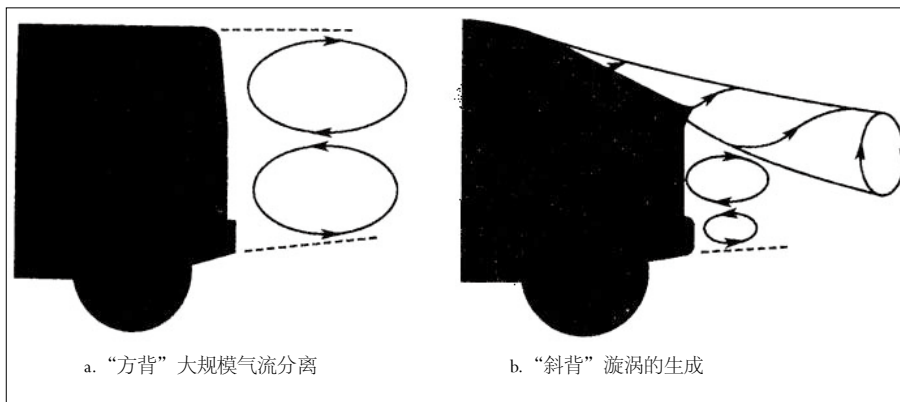


图2 汽车尾部的气流结构

维修过程中, 当拆下车门板时, 经常会发现车门壳内会聚集很多尘埃的原因。防止尘埃进入车内的有效办法就是做好密封, 尤其是加强车门缝隙外部的环形密封系统密封性。

五、案例分析

空气中微粒不应该进入车内, 尤其是汽车发动机排出的废气, 一旦进入车内会对乘员的身心健康造成危害。在汽车的使用过程中, 却常常会有这样的现象, 当打开行李箱时, 会发现行李箱中积满灰尘, 车内乘客常常会闻到发动机尾气的味道。

下面的案例就属于这种情况, 一辆行驶里程60000km的丰田考斯特中巴车, 在车辆行驶的过程中, 坐在后面的乘客经常反映闻到比较浓烈的发动机排出的废气味, 驾驶员的感觉不是很明显。送维修站进行检修, 检修人员首先想到的原因是发动机的工作不正常, 燃烧不好导致尾气难闻有刺激性。始终围绕着发动机的工作状态来检修。经过多次检修, 发动机尾气的味道一直没有彻底去除。尤其在车辆行驶速度较高且在驾驶员侧车窗开启的状态下, 车厢内的发动机废气味会更浓, 后面的乘客甚至会出现头疼恶心的症状, 以至于没人敢乘坐这辆车。最终通过运用空气动力学对车辆运行状态影响的分析, 找到了尾气进入车内的根本原因。问题是由于车辆的尾灯与车体之间的密封胶条在上次事故维修时疏忽漏装导致的。

汽车在行驶的过程中, 在汽车的尾部或在后保险杠后会形成一个涡流。图2表示

汽车尾部可能发生的两种气流结构。第一种为“方背”形状(图2a), 类似于上述案例中的中巴车尾部结构。其尾流大、压力低, 气流不能沿着车身表面流过陡直的后角。压力的大小、产生漩涡的能量和频率受汽车的车速和车尾的宽度、高度的影响。若后背倾斜角度小一些, 将会出现不同的气流形式, 如“斜背”(图2b)、“溜背”, 大多数双门车为“斜背”形状, 汽车后部的表面空气压力明显低于周围的压力, 上表面的低压将汽车侧面相对高压的空气向上吸, 导致在C柱产生强烈的锥形漩涡, 这些漩涡增加了这些气流附着于车体表面的可能性。

空气和杂质中的其他物质从保险杠下棱边约0.5m处向后流动, 之后又流向尾盖, 形成一个反向旋转的涡流。这两个涡流有一个共同的混合区, 微粒进入该混合区中, 上部涡流携带这些微粒达到车顶处的轮廓边。如果发动机排出的废气进入下面的涡流, 经涡流的作用会扩散至整个车尾表面。当汽车处于行驶状态, 特别是高速行驶时, 车厢内的空气压力处于较大的负压, 废气可以通过缝隙吸入车内, 且废气吸入的程度随车速增长成平方增长。解决这一问题的对策可以分为两个方面: 对策之一是安全可靠地密封汽车的尾部(车况相对较差的车辆容易出现密封问题); 对策之二是选择合适排气管, 使废气无法到达涡流区。正如现代汽车中排气管的尾部大都采用向下弯曲的结构, 或者选择布置排气管的位置, 使其排出的废气吹不到后面的涡流区。M