

改善厢式货车气动阻力特性的风洞试验研究

杜广生 王肇杰 赵兰水 林勤春 刘连山
(山东工业大学 济南)

摘 要

本文论述了在小型航空风洞中进行汽车模型试验的有关技术问题;分析了斯太尔厢式货车安装导流罩等气动附加装置后,气动阻力特性的变化情况。

关键词:厢式货车;气动阻力;风洞试验

1 前言

目前大中型货车货厢的设计出现了由船式向厢式转化的趋势,我国几家主要的大中型货车生产厂家都相继推出了自己的厢式货车。厢式车由于厢体高于驾驶室,结构上出现了一个大的台阶,并且增大了迎风面积,因而使气动阻力明显增大,导致燃油耗的增加,并影响汽车的最大速度和稳定性。因此,改善该车型的气动阻力特性,降低燃油耗成为一项重要的研究课题。本研究就是通过模型的风洞试验来改善斯太尔厢式货车的气动阻力特性。

风洞试验是汽车空气动力学研究的重要手段,利用实车或大尺寸模型在大尺寸风洞中进行试验可获得较精确的试验结果,但是要耗费大量的试验费用。有关研究的实践表明,如果试验条件设计得当,利用小型风洞也可获得较精确的试验结果。国外建有众多的汽车专用风洞,而我国这方面的研究工作,多是在原有航空风洞中进行的。

本研究是在山东工业大学小型航空风洞中进行的,通过适当设计试验条件,对斯太尔厢式货车 1:10 模型进行气动阻力特性的试验研究,取得了较好的效果,本文拟就这一试验中的有关问题进行分析论述,以期向有关人员提供参考。

2 试验条件的设定

2.1 风洞技术指标和气动力天平

本试验所使用的风洞为单回流式开口风洞,收缩段射流出口为 1×1.2 m 矩形对称切角截面,截面积为 1.12 m²,试验段长度 2 m,最大风速 $V_{max} = 40$ m/s,平均气流偏角 ≤ 0.2 度;紊流度 $\leq 0.3\%$;气流稳定性 ≤ 0.01 。风速利用可控硅调速装置进行无级调速。从该风洞的性能看,可满足汽车试验对流场的要求。

气动力的测量采用风洞中原配置的杆式六分量天平,其阻力量程为 ± 150 N;升力量程为 ± 400 N;侧向力量程为 ± 200 N。为充分利用该天平升力量程大的特点,采用了类似飞行器试验中尾支撑方式,如图 1 所示。这样可利用大的升力量程支撑模型的重量。测量结果利用计算机进行数据采集处理,可直接获得试验数据和曲线。为便于对试验结果的分析,还利用表面贴

丝法观察了汽车表面的流场。

2.2 试验条件

(1) 汽车的运动不同于在空中自由飞行的飞行器的运动,汽车在路面上运动,其底部的流动要受到地面的干扰,因此在风洞中模拟气流和汽车的相对运动时,必须在模型底部设置地板。汽车在无风的路面上行驶时,气流相对地面没有运动,但在风洞中设置地板时就产生了气流相对地板的运动,从而在地板上产生边界层,该边界层将直接影响气动力的测量。因此,人们采用许多手段消除边界层的影响,并获得了较实用的结论。有关研究表明,普通固定式地板较为实用,因而本试验采用了固定式地板,如图所示。为了尽量减小地板边界层的影响,地板前端设计成 30° 的锐边形状。

地板尺寸的设计参考了有关文献的要求,即模型前部地板的长度,不小于模型的宽度,后部的长度要求不小于模型宽度的4—6倍,地板的宽度不小于模型宽度的2倍。本试验用地板满足了上述要求。试验过程中还对地板长度 $L=2.865\text{ m}$ 和 $L=2.465\text{ m}$ 的两块地板对模型阻力系数 C_x 的影响进行了试验,结果测得长地板的 C_x 比短地板的 C_x 减小2%左右,其原因在于短地板汽车尾涡区内的漩涡易于翻卷到地板下部,使所测气动阻力增加,而长地板可使漩涡进一步向后延伸衰减,使上述影响减小,从而出现了测量结果的差异。故本试验采用了 $L=2.865\text{ m}$ 的长地板。

地板在试验段中的位置如图2所示,这种设计即避免了洞体边界层对测量结果的影响,又可使模型处于风洞轴线的位置。

(2) 雷诺数的设定

在低速气动模拟试验时,可不考虑气体压缩的影响,流动相似准则可只考虑雷诺准则,即使实车运行的雷诺数和模型试验的雷诺数相等,就可使实车的气动阻力系数 C_x 和模型试验时的气动阻力系数 C_x 相等。由试验理论知物体的阻力系数随雷诺数变化曲线上存在一个临界值,当雷诺数大于这一数值时阻力系数几乎不再变化。美国汽车工程师学会推荐的各类汽车模型试验的雷诺数应不小于 0.7×10^6 。

日本岩本羲明等人采用增大模型尺度的办法改变雷诺数,在单回流开口风洞中考察了厢式货车阻力系数 C_x 和雷诺数的关系,其试验结果表明:当 R_x (以模型宽度为特征长度计算的雷诺数)大于 0.5×10^6 时, C_x 不再变化。

图3是本试验以改变风速的增大雷诺数的方法测得的厢式货车模型阻力系数 C_x 和雷诺数的关系由图可以看出,当 R_x 大于 0.5×10^6 时, C_x 不再变化,这和岩本羲明的试验结果是一致的。

本试验所用风洞的最大风速 V_{max} 为 40 m/s ,若用1:10的模型,当风速达到 V_{max} 时, R_x 可达到 0.67×10^6 ,故本试验决定采用最大风速进行试验,这样可使 R_x 对 C_x 的影响达到最小程

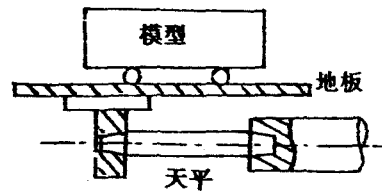


图1 天平的安装

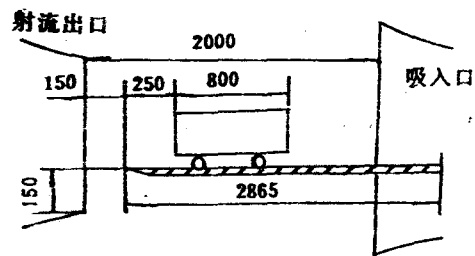


图2 固定式地板的设置

度。

(3) 试验用模型

模型的迎风面积与实验的截面积之比称为堵塞比, C_x 当模型尺寸较大时, 堵塞比较大, 这时会影响气动力的测量精度。有关研究表明, 当模型的高度和实验段的高度之比, 以及模型的宽度与试验段的宽度之比不大于 40% 时, 可不考虑堵塞比的影响, 该研究还对堵塞比 3.8%—12.5% 的不同模型进行试验, 结果表明, C_x 增量在 3% 左右。据此可以认为, 堵塞比在 12.5% 以下时, 可以不考虑 C_x 的影响。

本试验采用 1:10 缩比模型, 其高度为风洞试验段高度的 40%, 宽度为试验段宽度的 20%, 堵塞比为 7.9%, 可满足对堵塞比的要求。

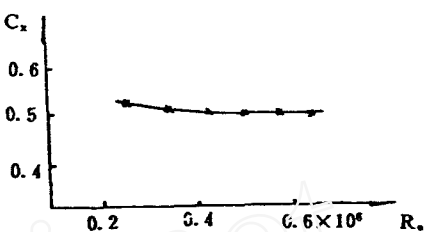


图 3 R_e 和 C_x 的关系

3 试验内容和试验结果的分析

3.1 试验内容

(1) 模型长度和阻力系数之间关系:

由气动实验理论知, 对于长方体, 当其长度从立方体开始延长时, C_x 随长度的增大而减小, 当长度达到一定数值时, C_x 基本不再变化。对于厢式货车其后部类似于长方体, 若长度达到一定数值时, C_x 不再变化的话, 就可使模型做的短一些, 而不致于影响 C_x 的测量, 这样可使有关试验装置的设计简化, 减小一些不必要的麻烦, 为此本试验采用简易模型, 通过逐渐改变其长度的方法, 考核模型长度和 C_x 之间的关系。

(2) 导流罩和遮阳罩的减阻效果:

本试验的主要目的是考核斯太尔厢式货车安装图 4A、B、C 所示的三种导流罩的减阻效果和遮阳罩的气动效果, 并对每一种导流罩后缘的安装高度 h 对气动阻力系数的影响进行试验, 以期确定最佳状态。A 型导流罩为薄壁式, B、C 为整体构造物, 图中驾驶室后的虚线部分为 C 型导流罩的支撑板。

3.2 试验结果的分析

(1) 模型长度和 C_x 的关系

图 5 是通过改变简易模型的长度测得的 C_x 变化曲线。由此可知, 当 L 由 0.8 m 逐渐增大时, C_x 逐渐减小, 直到 1.4 m 时, C_x 还呈减小的趋势。并未出现前面设想的 C_x 不变的长度区域, 说明只有再进一步增大模型长度才有可能进入 C_x 不变的区域, 而这种试验则无法进一步进行, 因为再延长模型长度, 就会使模型伸出试验段的射流等速区。据此可以得出如下结论, 即当某车型模型实际长度在 1.4 m 内时, 应按全长设计, 否则会使实车的气动阻力系数和模型的阻力系数不相等。

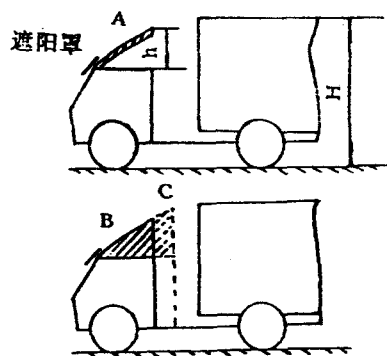


图 4 三种形式的导流罩和遮阳罩

(2) 导流罩

厢式货车由于驾驶室和厢体存在高度差, 绕流驾驶室的气流高速的冲击厢体高出驾驶室的部分, 使之出现一个较高压强的正压区; 同时会在厢体的顶部前缘附近形成较大的气流分离区。安装导流罩的目的就是引导气流合理的向厢体上部流动, 理想的情况应该是流过导流罩之后, 气流恰好在厢体顶部附着。这样, 即可消除厢体迎风面上的正压区, 又可避免气流在厢体上缘的分离, 此时, 减阻效果最佳。导流罩后缘安装高 h 决定着最佳

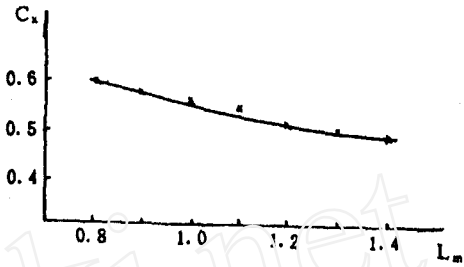


图 5 模型长度 L_m 和 C_x 的关系

效果的产生。当 h 较小时, 气流转折角度不足, 不能充分发挥导流罩的功能, 当 h 过大时, 气流偏角过大, 气流越过厢体前缘一段距离之后才附着在壁面上, 因而效果亦不佳。图 6 是安装 A 型导流罩时, C_x 随后缘安装高度 h 的变化情况。当 h 较小或较大时, 效果均不佳, 当 $h/H = 0.2$ 时, C_x 最小达到最佳匹配状态。试验表明, 每一种导流罩均对应一个最佳安装高度 h 。

三种导流罩的减阻效果差异较大, A 型导流罩 C_x 下降最明显, $\Delta C_x = 22\%$, B 型次之 $\Delta C_x = 17.8\%$; C 型的又次之, $\Delta C_x = 16.8\%$ 。这三种导流罩除表面形状不同之外, 在构造上 A 型为薄壁式结构, 导流罩和驾驶室顶部之间的空间是开放的。B、C 型导流罩均为整体式构造物, 驾驶室和导流罩表面之间充满填充物, 它们在减阻效果上差异的原因何在, 还有待进一步研究。

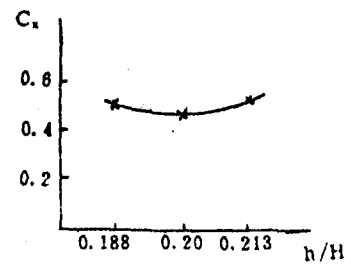


图 6 A 型导流罩 $C_x - h/H$ 曲线

(3) 遮阳罩

安装遮阳罩的目的, 是为了改善驾乘人员的舒适性, 如果合理设计, 还可收到减小气动阻力的效果。本试验采用遮阳罩为薄壁式结构, 依靠其自身的形状以及和与驾驶室壁面间的间隙, 引导驾驶室正面的气流合理流动, 由贴丝法进行的流场显示可以看出, 安装遮阳罩可以减少驾驶室前上缘附近向侧面流

动的气流量, 使侧面上的漩涡减弱。故气动阻力下降, 试验结果表明: 安装遮阳罩后, C_x 下降了 1.4%。

4 结语

合理地设定试验条件, 选择适当的雷诺数和堵塞比, 在小型风洞中进行模型试验, 也可获得可靠的试验结果, 并且可以节约大量的试验费用。

对于厢式货车 1:10 的模型, 当模型的实有长度小于 1.4 m 时, 应按实有长度设计, 否则会使实车的气动阻力系数和模型的阻力系数产生差异。

在厢式货车上安装导流罩, 可大幅度降低气动阻力系数, 三种导流罩减阻效果存在明显差异, 原因何在, 还有待于进一步研究。

遮阳罩不仅可以改善驾乘人员的舒适性, 合理设计, 还可以使气动阻力下降。

参 考 文 献

- 1 岩本義明等.バン型トラックの空力改善. 自動車技術,1986.4
- 2 杜广生. 汽车空气动力学. 山东工业大学编印,1991.10
- 3 龚春元. 汽车风洞试验的地面模拟技术. 运输研究,1991.1
- 4 藤本努. ヨー角特性を考慮した低C_dドラクラオイラ形状の検討. 自動車技術,1992.4
- 5 杜广生等. 厢式卡车的气动特性及减阻措施. 第三届华东地区流体力学学术会议论文集,1992.10
- 6 傅立敏. 关于改造航空风洞为汽车试验风洞的技术探讨. 汽车技术,1991.9