

轿车司机门静态刚度试验分析

贾继龙^{1,2}

(1 河北工程大学 机电工程学院,河北 邯郸 056038;2 中国汽车技术研究中心,天津 300300)

摘要:针对轿车司机门的设计要求,以某款轿车司机门为例,通过静态刚度试验系统对司机门窗框、窗台线、外板以及铰链进行静态刚度试验分析。结果表明:窗框的刚度在抵抗车身撞击变形有足够的力量;窗台线在受到外界载荷力下变形较小,满足设计要求;司机门外板在载荷作用下具有较好的弹性变形能力而不至于产生凹痕;司机门在垂直载荷下,门铰链有足够刚度保持原样。

关键词:司机门;窗框刚度;窗台线刚度;抗凹刚度;垂直刚度

中图分类号:TH12

文献标识码:A

The analysis of sedan driver door static stiffness test

JIA Ji-long^{1,2}

(1. Department of the Mechanical and Electrical Engineering, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China;

2. China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300, China)

Abstract: Aiming at requirements for the design of the sedan driver door, the static tests of window frame stiffness, sill line stiffness concave stiffness, outer plate and hinge were carried out by utilizing the static stiffness test system. The test results show that stiffness of the sash have sufficient capacity to resist body impact deformation; windowsill line have smaller deformation by outsiders load force, which meet the design requirements; the driver outside board has good elastic deformation under load and will not dent; The door hinge has sufficient rigidity intact with the vertical load. The experiment provides the experiment basis for latter experimental analysis of the research and department of door of CAE analysis and optimization.

Key words: driver door; window frame stiffness; window line stiffness; dent stiffness; vertical stiffness

在现代轿车开发设计过程中,司机门的静态刚度是影响车身性能的一项重要指标,在车门结构设计过程中起到重要的作用,足够的静态刚度能够使车门不易产生变形和下沉,在行车时不致产生振动和噪声,是车门结构设计需要考虑的关键环节。

傅华娟^[1]对车门进行建模,并借助 ABAQUS 软件对车门的刚度进行分析,得到车门在下沉工况下有较大变形区域;万德安^[2]等建立车门的有限元模型,通过车门在变形下的理论间隙和实测间隙对比,发现车门的薄弱结构,并对其进行了结构优化;陈国华^[3]利用 PRO/E 对车门建立三维模

型,借助 HYPRRMESH 进行网格划分,通过 ANSYS 对车门进行静力分析,计算得到刚度和强度较小的区域。

本文借助静态刚度测试系统对司机门的窗框、窗台线、车门外板、门铰链分别进行静态刚度测试,分析司机门各部位的刚度特性。

1 试验原理与试验方法

1.1 试验原理

通过静态刚度试验系统对窗框、窗台线、司机门外板以及门铰链进行刚度试验,借助加载装置

对司机门测试点进行加载,利用力传感器与位移传感器进行检测,在计算机上绘出力与变形量的关系曲线。

1.2 试验方法

1.2.1 测试点布置

如图 1 所示,在窗框刚度试验中测试点布置于窗框拐角内外板两侧处,在窗台线刚度试验中测试点布置于窗台线中间内外板两侧位置,抗凹刚度测试点布置于外板薄弱位置,垂直刚度实验测试点布置于门锁处位置。

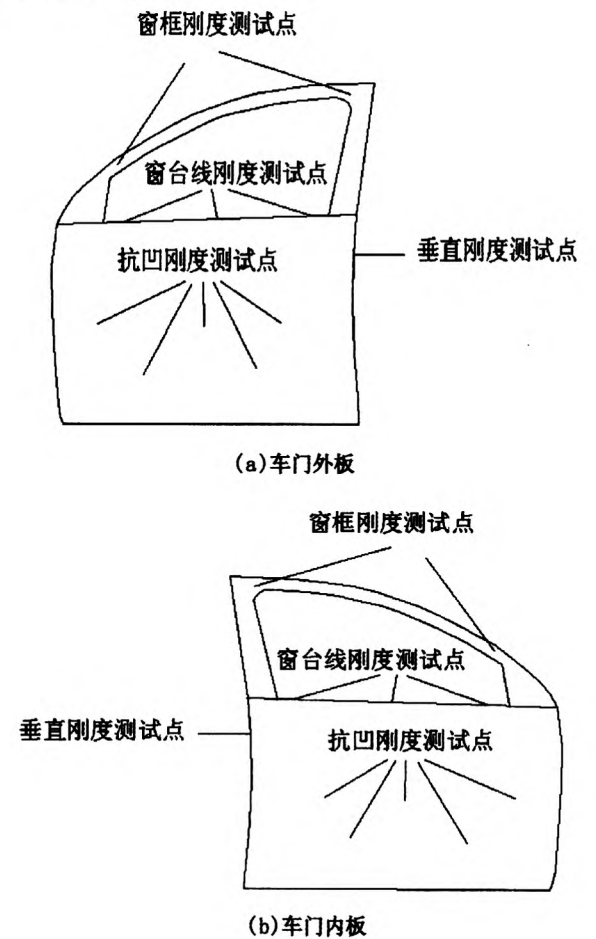


图1 刚度测试点示意图
Fig.1 Diagram of stiffness test point

1.2.2 试验步骤

- 1) 将司机门固定在台架上,在窗框刚度实验、窗台线刚度试验和抗凹刚度试验中对司机门的铰链与门锁进行全约束,在垂直刚度实验中对铰链进行全约束以及在垂直外板方向上进行约束。
- 2) 如图 2 所示,将加载块与力传感器串联安装在电动缸上,加载块与测试点表面距离约 2 ~ 4 mm,将位移传感器与电动缸加载平行或反向;在窗框刚度试验和窗台线刚度试验中使用指压加载

块,在抗凹刚度试验中使用掌压加载块,垂直刚度试验中使用拉伸加载工具。调整电动缸位置,使电动缸施加力方向垂直于窗台线测试点切表面。

3) 加载载荷确定。分别在窗框、窗台线、外板和门锁垂直方向施加 200 N、100 N、400 N、500 N 载荷。

4) 在计算机上运行程序进行预加载,加载力为实验加载力的一半。

5) 进行试验,并得出加载力与变形量曲线。

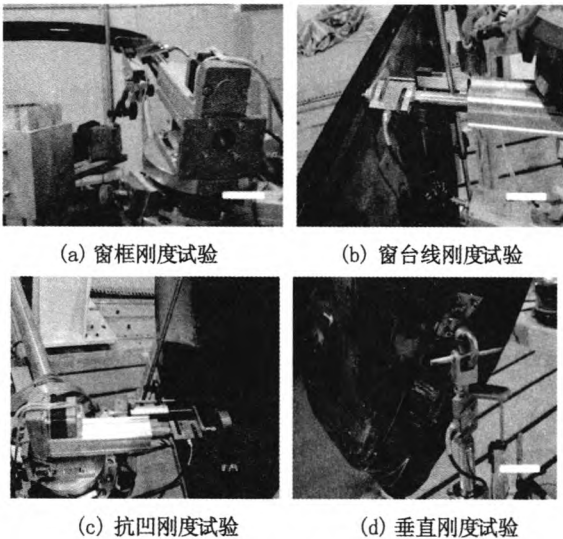


图2 四种工况下刚度试验
Fig.2 Stiffness test of four conditions

2 试验结果与分析

通过对司机门的窗框刚度试验、窗台线刚度试验、抗凹刚度试验以及垂直刚度实验,得到以下关于力与变形量的实验数据(表 1)以及刚度试验曲线(图 3 - 图 6)。

表 1 各工况试验结果与目标值
Tab.1 Test results with the target value
of each working condition mm

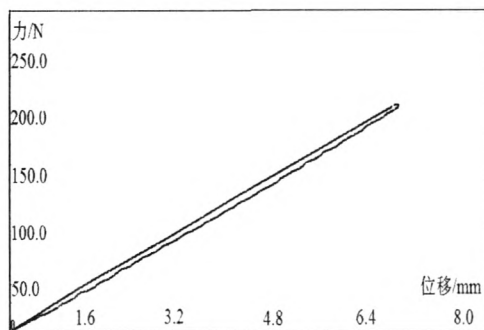
工况	最大变形量	残余变形量	目标值
窗框刚度(外板)	5.76	0.02	7.50
窗框刚度(内板)	6.42	0.07	9.32
窗台线刚度(外板)	1.17	0.22	3.21
窗台线刚度(内板)	1.26	0.05	2.21
抗凹刚度	6.33	0.24	7.34
垂直刚度	2.54	0.13	3.40

由表 1 可知,司机门在窗框刚度试验、窗台线刚度试验、链的垂直刚度试验以及抗凹刚度试验中各测点的最大变形量均小于设计目标值,满足设计要求。窗框刚度试验中,内板与外板的最大

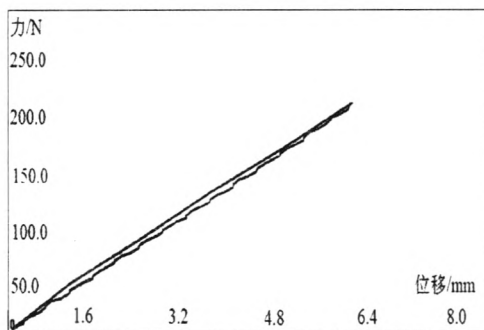
变形量进行比较可得,外板刚度比内板刚度大;窗台线内板与外板最大变形量进行比较可知内板刚度较小。

窗框内板(图3-a)与外板(图3-b)残余变形量均接近于零,说明窗框的外板与内板刚度特性良好,具有很好的弹性变形能力抵抗外界作用力影响;外板与内板的力与变形量曲线一致性较高,均成线性关系;内板与外板在某一变形量下,分别计算对应的加载力与卸载力的差值与其相应的加载力的比值,可知内板与外板的加载曲线和卸载曲线在同一变形量下对应的力变化均不大,则其内外板刚度基本一致,具有很好的抵抗车身撞击变形的能力。

窗台线内板在载荷作用下,其残余变形量接近于零(图4-a),而窗台线外板在相同的载荷作用下,其残余变形量较大(图4-b),说明内板的刚度特性较好而外板结构薄弱,受外界作用力影响较大。窗台线外板与内板的力与变形量曲线一致性较好,均成近似线性关系,而外板的加载曲线和卸载曲线在同一变形量下对应的力变化比内板大,说明内板具有较好弹性变形能力,受外界载荷影响较小,相对内板,外板受外界载荷影响较大。



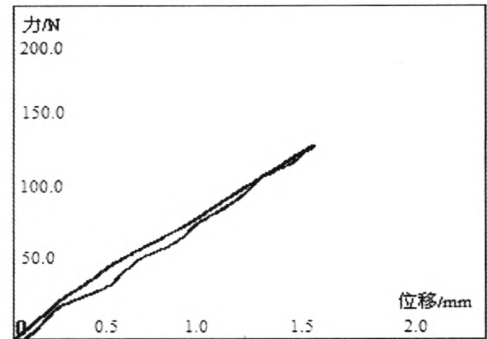
(a) 窗框内板



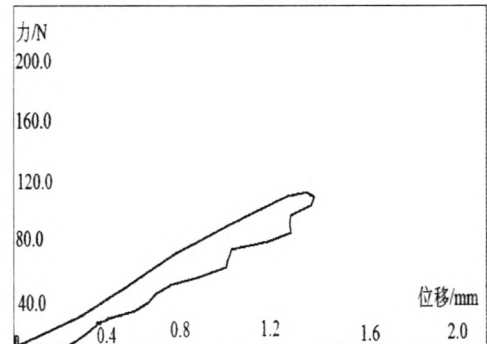
(b) 窗框外板

图3 窗框刚度试验力与变形量曲线

Fig.3 The window frame rigidity force and its distortion



(a) 窗台线内板



(b) 窗台线外板

图4 窗台线刚度实验力与变形量曲线

Fig.4 The windowsill line stiffness rigidity force and its distortion

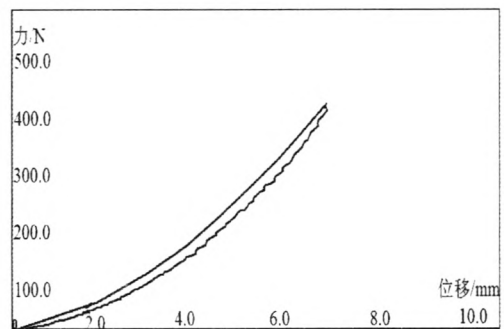


图5 抗凹刚度试验

Fig.5 The test of dent stiffness

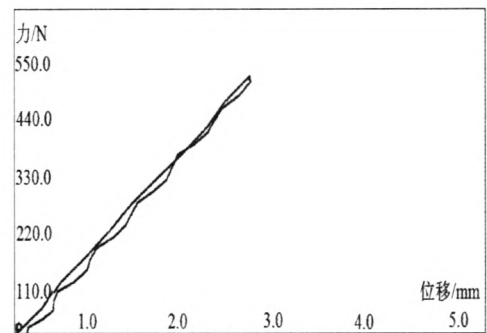


图6 垂直刚度试验

Fig.6 The test of vertical stiffness

司机门外板测点刚度从小逐渐变大(图5),此测点在加载过程中,首先消除外板结构之间的

间隙,变形量较大;随着作用力加大,变形量逐渐减小,说明司机门外板受载荷作用影响较大。计算司机门外板在某一变形量下对应的加载力与卸载力的差值与其相应的加载力的比值,可知外板的加载曲线和卸载曲线在同一变形量下对应的力变化不大,且残余变形量接近于零,说明司机门外板具有较好弹性变形能力,在载荷作用下不至于产生凹痕。

司机门铰链的力与变形量曲线斜率即刚度为 $196\ 850\ \text{N/m}$,而目标刚度值为 $147\ 058\ \text{N/m}$ (图6),测得的刚度值超出目标值30%,则其刚度特性良好,具有很好抵抗外界作用力影响的性能,在垂直载荷下,有足够刚度保持原样。计算铰链在某一变形量下对应的加载力与卸载力的差值与其相应的加载力的比值,可知司机门铰链的加载曲线和卸载曲线在同一变形量下对应的力变化小,且残余变形量接近于零,则铰链具有很好的弹性变形能力。

3 结论

1)窗框的外板与内板刚度特性良好,具有很好的弹性变形能力,受外界作用力影响小,有足够的能力抵抗车身撞击变形;窗台线内板的刚度特

性良好,具有较好弹性变形能力,受外界载荷影响小,而外板结构薄弱,受外界作用力影响较大;

2)司机门外板受载荷作用影响大,但在载荷作用下具有很好的弹性变形能力,而不至于产生凹痕;司机门铰链刚度特性良好,受外界作用力影响小,在垂直载荷下,门铰链有足够刚度保持原样。

参考文献:

- [1] 傅华娟. 轿车车门刚度非线性优化分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2010, 12(4): 51-53.
- [2] 万德安, 赵建才. 轿车车门刚度有限元分析及结构优化[J]. 汽车工程, 2001, 23(6): 387-388.
- [3] 陈国华. 基于有限元的汽车车门静态强度刚度计算与分析[J]. 机械制造与研究, 2006, 35(6): 21-24.
- [4] 黄天泽, 黄金陵. 汽车车身结构与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1992.
- [5] 解跃青, 雷雨成. 汽车前车门结构性能的计算机辅助分析与研究[J]. 机械强度, 2002, 24(5): 539-542.
- [6] 靳晓雄, 单 莘, 张 强, 等. 轿车白车身静刚度试验中若干问题的探讨[J]. 机械设计与研究, 2008, 25(4): 92-95.

(责任编辑 马立)