

汽车叉臂式玻璃升降器结构分析与仿真

张慧^{1,3}, 游卫平², 游小平¹, 涂炜玮¹

(1.长沙理工大学, 湖南 长沙 410004;

2.中联重科股份有限公司, 湖南 长沙 410000; 3.长沙汽车工业学校, 湖南 长沙 410000)

摘要:叉臂式玻璃升降器(以下简称玻璃升降器)是目前使用最广泛的玻璃升降器之一,其性能直接影响乘客的乘坐舒适性。文中介绍了玻璃升降器的结构特点和工作原理,论述了设计时需考虑的因素;对某新设计的玻璃升降器进行受力分析和建模,将简化几何模型导入 Hypermesh 软件进行仿真分析,并对研制的玻璃升降器样品进行 20 000 次连续升、降循环可靠性试验,结果表明其满足设计和使用要求。

关键词:汽车;叉臂式玻璃升降器;结构分析;受力分析;Hypermesh 仿真

中图分类号:U463.85

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2018)01-0016-04

随着汽车工业的快速发展,人们对汽车的各种功能有了更高的要求,特别是在安全性和舒适性方面。车门玻璃升降器作为车门附件系统的重要组成部分,是专门调节车门玻璃的功能部件,在提升汽车安全性和舒适性方面起着重要作用。目前中国车身系统的设计仍主要依赖于工程师的个人经验,没有形成完善的开发流程,造成开发周期长、产品质量不能保证,严重制约了企业的发展。为此,国内各大汽车制造厂越来越注重产品质量的要求,这也给零部件供应商造成了很大压力。叉臂式玻璃升降器(以下简称玻璃升降器)由于支撑区域大、平稳性好等优点,已得到越来越多消费者的认可,但也是汽车使用中使用次数较频繁、故障率较高的部件之一。某新款商用车设计中,车身结构尺寸作了修改,需对玻璃升降器重新进行设计验证。

1 玻璃升降器的结构和工作原理

玻璃升降器是一种车窗玻璃调整装置,可实现玻璃升、降运动。玻璃升降器一般通过驱动机构完成玻璃位置调整:1)通过驱动机构提供动力克服其自身重力及导槽摩擦力,使玻璃上升或停在任意高度位置;2)通过驱动机构和重力作用驱动玻璃克服导槽摩擦力作下降运动并停在任意高度位置。

玻璃升降器两个升降臂交叉排列时,称为叉臂式玻璃升降器。这种玻璃升降器的大部分零件由 1~3 mm 厚度的板材折边冲压而成,制造工艺简单。如图 1 所示,玻璃升降器主要由短滑槽、小臂、大臂、电机、长滑槽和滚轮等零部件构成。其电机安装在

车门内板上并通过输出小齿轮与扇形齿板(以下简称齿板)啮合,大臂和齿板铆接在一起。大臂与小臂中心位置均有一圆孔穿有转轴连接,这样大臂和小臂可绕转轴发生不干涉的相对运动。大臂的另一滚轮和小臂的一个滚轮嵌联在长滑槽内。短滑槽和长滑槽的中心线平行,槽内嵌联滚轮。装在长滑槽上的玻璃托架与玻璃连接,由电机驱动大臂带动小臂实现玻璃升、降。由于其自身具有结构强度高、承载能力好、运动平稳的特点,所以被广泛运用于负载较大、玻璃自身曲率较小的车型上。

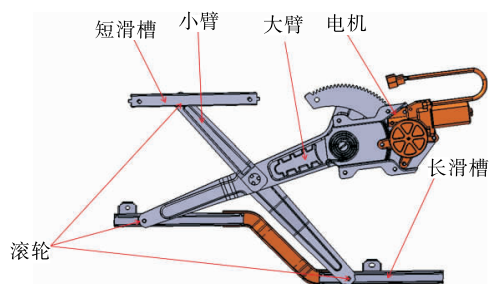


图 1 玻璃升降器结构示意图

车门玻璃升降器结构设计时主要考虑车门玻璃、导轨及密封条对其设计和布置产生的影响。整车门窗钣金结构确定后,车门玻璃的形状、大小和布置位置随之确定,其大小和形状要与整车造型保持一致。车门密封性设计主要考虑密封条自身的压缩量和车门附件系统零部件之间的间隙两种因素。密封条设计时要充分考虑其自身压缩量,既不能出现由于密封不足而导致车门玻璃晃动大、漏水和进灰尘等现象,也不能由于密封过紧导致玻璃升降困难。

同时为保证玻璃内外表面与密封条之间的摩擦力均匀,防止出现因两边摩擦力不均导致玻璃跑偏的现象,设计时尽可能平衡内外侧唇边对玻璃的支撑力。

2 玻璃升降器失效模式及原因

根据消费者的故障反馈,玻璃升降器是整车中故障率较高的零部件之一。实际使用中常发生的失效模式有:1) 运行不稳,容易使玻璃出现抖动、窜动或跑偏现象;2) 运行速度过快或过慢,不符合正常使用要求;3) 运行过程中出现异响、卡滞现象;4) 部分零部件扭曲变形或磨损严重,使升降器不能正常工作;5) 自锁失效,玻璃不能停在要求的位置。

玻璃升降器故障率高的主要原因:1) 玻璃升降器系统自身零件较多,还要与车门钣金系统、车门胶条系统、车门内护板系统等密切配合,一旦与其中某个系统配合出现问题,就会导致玻璃升降器工作时出现异常。2) 玻璃升降器系统的工作环境恶劣、使用次数频繁。一般情况下,玻璃升降器系统安装在车门钣金内部,而内部易出现粉尘积累。3) 车辆保养时操作不当,如洗车时操作不当导致水进入车门护板内部,而车门护板是密封的,导致水在车门护板内部长时间积累,进而导致玻璃升降器系统较长时间处于潮湿环境中。

3 玻璃升降器结构受力分析

玻璃升降器运行到最顶端时受到门框的阻碍停止运动,此时玻璃与胶条之间没有摩擦力,但电机输出的扭矩仍有带动大臂旋转的趋势,故门框会施加给玻璃一个与电机转矩平衡的压力使玻璃静止,该压力远大于玻璃与胶条之间的摩擦力。因此,与升降器正常工作时相比,电机堵转时玻璃升降器会承受较大的力并产生较大变形,是玻璃升降器结构最危险、最有可能引起失效的工况。下面选取该工况进行受力分析。

电机堵转时的扭矩 M 为 $8.83 \text{ N} \cdot \text{m}$,电机轴上连接的小齿轮的齿数 $Z_1=8$,齿板的齿数 $Z_2=120$,则齿板所受扭矩 M_1 为:

$$M_1 = \frac{M \times Z_2}{Z_1} = \frac{8.83 \times 120}{8} = 132.45 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (1)$$

图 2 为玻璃升到碰到门窗框不能动时,电机产生堵转时玻璃升降器的受力示意图。玻璃升降器主要受力方向为竖直方向。水平方向上大小臂端滑轮处由于很光,滑摩擦很小,又是考虑静止状态下的受

力,为简化计算,暂不考虑水平方向的受力情况。

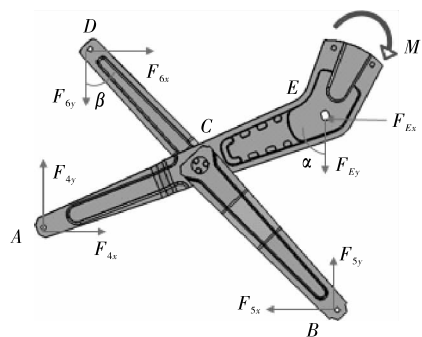


图 2 玻璃升降器整体受力示意图

假设玻璃升降器目前处于平衡状态,对玻璃升降器整体进行受力分析,得:

$$\begin{cases} F_{4x} - F_{5x} + F_{6x} - F_{Ex} = 0 \\ F_{4y} + F_{5y} - F_{6y} - F_{Ey} = 0 \\ M_1 + F_{5x} \times (BC \cos \beta + CE \cos \alpha) - F_{5y} \times \\ (BC \sin \beta - CE \sin \alpha) - F_{4x} \times \\ AE \cos \alpha + F_{4y} \times AE \sin \alpha + F_{6x} \times \\ (CD \cos \beta + CE \cos \alpha) - \\ F_{6y} \times (CD \sin \beta + CE \sin \alpha) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

根据图 3,对小臂进行受力分析,得:

$$\begin{cases} F_{6x} - F_{Cx} - F_{5x} = 0 \\ F_{5y} + F_{Cy} - F_{6y} = 0 \\ F_{6x} \times CD \cos \beta - F_{5y} \times BC \sin \beta + F_{5x} \times \\ BC \cos \beta - F_{6y} \times CD \sin \beta = 0 \end{cases} \quad (3)$$

根据图 4,对大臂进行受力分析,得:

$$\begin{cases} F_{4x} + F'_{Cx} - F_{Ex} = 0 \\ F_{4y} - F'_{Cy} - F_{Ey} = 0 \\ M_1 - F'_{Cx} \times CE \cos \alpha - F'_{Cy} \times CE \sin \alpha - \\ F_{4x} \times AE \cos \alpha + F_{4y} \times AE \sin \alpha = 0 \end{cases} \quad (4)$$

已知点 A、B、D 三处均为光滑滚轮,销轴与滚轮接触处极为光滑,摩擦系数很小,又是堵转工况时

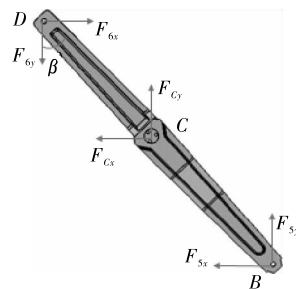


图 3 小臂受力示意图

臂承受的最大应力小于材料的最大许用应力 235 MPa,满足玻璃升降器堵转时的强度要求。

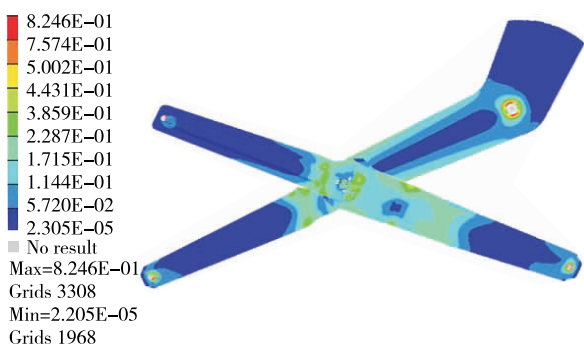


图 7 玻璃升降器应力分布(单位: 10^8 Pa)

5 玻璃升降器可靠性试验

对该玻璃升降器进行可靠性试验,验证其是否满足使用可靠性要求。试验条件如下:1) 将玻璃升降器按安装工艺要求安装在与之匹配的前左、右车门总成上;2) 对前左、右车门玻璃升降器分别进行 20 000 次升、降循环试验,玻璃每完成 1 次升、降循环记为 1 次;3) 试验前安装自动计数装置和自动报警装置,避免试验次数不足造成试验结果不准确;4) 试验完成后对玻璃升降器进行全方位检查,要求其能正常平稳工作,零部件不出现变形、开裂等现象。

玻璃升降器通过电动控制系统实现玻璃自动升降,试验现场见图 8。根据工艺要求将叉臂式玻璃升降器安装到车门总成上,要求车门总成为最新状态。在室温条件下对车门玻璃升降器进行 20 000 次耐久试验,完成连续升、降循环试验后仍能正常工作,其中零部件未出现开裂、变形等现象,表明设计的玻璃升降器满足使用可靠性要求。

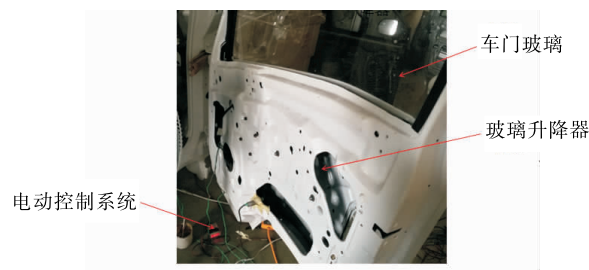


图 8 玻璃升降器升降试验现场

6 结语

该文对某商用车玻璃升降器进行了结构分析、计算机仿真和 20 000 次连续升、降循环可靠性试验,验证该款玻璃升降系统满足设计强度要求和可靠性使用要求。

参考文献:

- [1] 莫建伟,韦乐侠.汽车交叉臂式玻璃升降器设计要点讨论[J].汽车技术,2009(4).
- [2] 唐小艳,雷学明.交叉臂式玻璃升降器布置设计[J].汽车技术,2016(9).
- [3] 王明珠,杨军,赵堃.A21 车型电动玻璃升降器失效分析及整改措施[J].汽车实用技术,2012(11).
- [4] 谷志斌.基于车门系统的电动玻璃升降器布置和仿真[J].科技资讯,2006(2).
- [5] 彭美青.基于车门系统的玻璃升降器结构研究与仿真[D].长春:吉林大学,2011.
- [6] 周革,吕律.汽车电动玻璃升降器台架试验方法优化研究[J].汽车零部件,2016(1).
- [7] 曾凤清.汽车电动玻璃升降器的计算机辅助设计[J].客车技术与研究,2001(6).

收稿日期:2017-09-30

(上接第 15 页)

参考文献:

- [1] GB 1589-2016,汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值[S].
- [2] GB 21861-2014,机动车安全技术检验项目和方法[S].
- [3] 交办运[2016]107,车辆运输车治理工作方案[S].
- [4] GB 21861-2014,《机动车安全技术检验项目和方法》实施指南[S].
- [5] 蒋云清,廖小鹏.激光与三维图像处理技术在机动车外

廓尺寸动态测量中的应用[J].客车技术与研究,2014(3).

- [6] GB 7258-2012,机动车运行安全技术条件[S].
- [7] 张雪莉,孟新育.汽车检验机构外廓尺寸检测仪的配置要求[J].汽车维修与修理,2017(7).
- [8] 张筱梅.中置轴车辆运输车来了[J].专用汽车,2016(9).
- [9] 多个文件密集发布:新一轮超限超载治理工作开启[J].商用汽车,2016(9).

收稿日期:2017-09-06