

轿车车门玻璃导槽密封条弯曲唇边起皱问题分析及其结构优化

赵建才, 吴定凯

(建新赵氏集团有限公司, 浙江 宁波 315615)

摘要: 针对装车过程中轿车车门玻璃导槽密封条弯曲唇边起皱问题, 利用非线性有限元分析软件MSC. Marc建立密封条三维仿真模型, 分析密封条弯曲唇边起皱原因, 并对密封条结构进行优化。通过优化唇边结构及调整唇边厚度、弧度, 密封条弯曲唇边不再出现起皱现象, 且密封条密封性能满足要求。

关键词: 轿车车门; 玻璃导槽密封条; 唇边; 弯曲; 起皱; 有限元分析; 结构优化

中图分类号: TQ336.4⁺2; O241.82 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2018)00-0000-03

玻璃导槽密封条是轿车车门玻璃升降系统的主要零部件之一, 作为车门玻璃升降的引导部件, 其兼具导向、密封、防水、防尘以及降噪等诸多功能^[1]。玻璃导槽密封条在安装过程中, 需要匹配钣金件的弧度, 进行三维弯曲变形。如果玻璃导槽密封条结构设计不合理, 其在装车时会于车门转角出现唇边波浪形皱纹(如图1所示), 导致密封不严, 造成车箱内漏风、噪声增大, 同时影响车门外观。

蔡增伟等^[2]对轿车行李箱密封条起皱问题进行了CAE分析, 并对密封条结构进行了优化。李欢等^[3]利用非线性有限元分析软件MSC. Marc对汽车车门密封条起皱现象进行了研究, 并改进了密封条结构。赵建才^[4]利用基于弧长法的有限元分析方法对密封条结构进行了探讨, 获得了密封条失稳起皱的临界条件, 分析了密封条起皱原因, 进行了密封条结构优化。

本研究利用非线性有限元分析软件MSC. Marc, 建立玻璃导槽密封条三维仿真模型, 分析装车过程中密封条弯曲唇边起皱的原因, 并对密封条结构, 尤其是唇边结构进行优化, 以解决密封条弯曲唇边起皱问题。

作者简介: 赵建才(1965—), 男, 山东济南人, 建新赵氏集团有限公司高级工程师, 博士、博士后, 主要从事橡胶材料工程研究及橡胶制品仿真分析。

E-mail: 1551592389@qq.com



图1 玻璃导槽密封条弯曲唇边起皱

1 玻璃导槽密封条弯曲变形模拟

1.1 几何模型建立

玻璃导槽密封条由橡胶(密实)、金属骨架和涂层(降低与玻璃的摩擦力)组成。橡胶部分分为软质胶和硬质胶, 唇边为软质胶, 夹持部位为硬质胶; 涂层与软质胶共挤出; 橡胶与金属骨架硫化粘合。玻璃导槽密封条的结构非常复杂, 为便于唇边弯曲特性的分析, 对密封条结构进行了简化, 其结构如图2所示。

1.2 材料模型建立

橡胶材料是一种特殊的弹性体, 在较大变形下其弹性为非线性, 可采用应变能势函数来描述其力学行为, 其中应用较多的应变能势函数是Mooney-Rivlin模型。

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3)$$

式中, C_{10} 和 C_{01} 是与温度相关的材料常数, 由材料试验确定^[5]; I_1 和 I_2 分别是Cauchy-Green变形张量的第一和第二不变量。

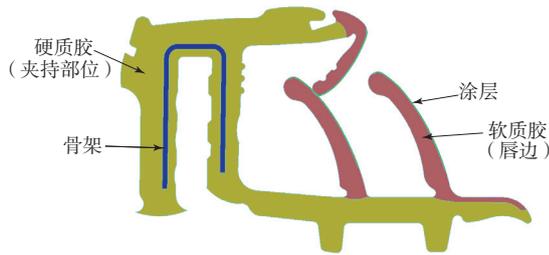


图2 玻璃导槽密封条结构示意图

1.3 单元类型选取

玻璃导槽密封条的弯曲变形采用三维仿真模型分析,橡胶选用84号Herrmann单元,金属骨架和涂层选用7号各向同性单元进行模拟分析。密封条的三维仿真有限元分析模型如图3所示。

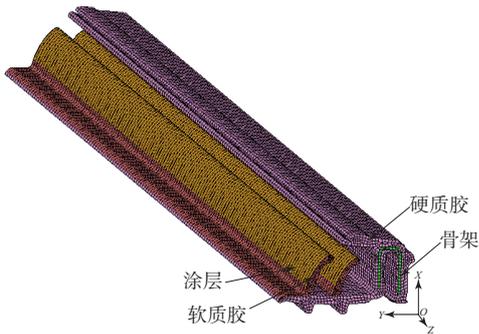


图3 玻璃导槽密封条三维仿真有限元分析模型

1.4 边界条件确立

玻璃导槽密封条接触边界条件属于高度非线性,夹持部位结构复杂,其边界条件设置如下。

(1)玻璃导槽密封条长为600 mm,弯曲半径为740 mm,对密封条中间部位的金属骨架加载与Y轴方向相反的位移载荷,模拟密封条的弯曲受力情况。

(2)对密封条两端的金属骨架施加Y和Z轴方向的固定位移,防止密封条在Y和Z轴方向移动。

(3)在密封条底部与钣金接触部位施加X轴方向的固定位移,防止密封条在X轴方向移动。

1.5 起皱模拟

利用Multi-Criteria法对玻璃导槽密封条弯曲唇边起皱进行模拟,结果如图4所示。

从图4可以看出,密封条弯曲中间部位唇边明显起皱,这直接影响密封效果。密封条弯曲唇边起皱属于屈曲失稳问题,造成这一现象的原因主要是唇边厚度较小、弧度较大,随着弯曲压力的增

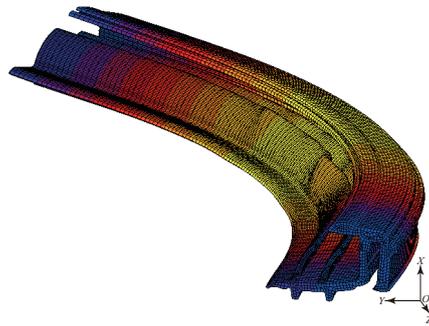
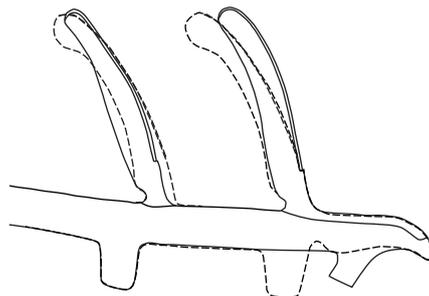


图4 结构优化前玻璃导槽密封条弯曲唇边状态大,密封条抗横向变形的能力下降,当弯曲压力达到一定值后,密封条结构失去平衡而唇边形成波浪形皱褶。

2 玻璃导槽密封条结构优化

导致玻璃导槽密封条弯曲起皱的因素较多^[6],如密封条结构、材料和车门弯曲弧度等。在密封条材料和车门弯曲弧度不变的情况下,根据密封条的装配要求,优化唇边结构,调整唇边厚度和弧度。玻璃导槽密封条的优化结构和原结构断面对比如图5所示。



实线—优化后;虚线—优化前。

图5 玻璃导槽密封条优化结构和原结构断面(局部)对比

对结构优化后的玻璃导槽密封条进行弯曲分析,密封条弯曲唇边不再出现波浪形皱纹,如图6所示。

由于唇边结构改变会引起压缩性能变化,因此需对优化结构密封条进行压缩性能校核。玻璃导槽密封条的压缩性能分析采用二维仿真法,变形方式为平面应变,密封条压缩负荷与压缩位移的关系曲线如图7所示(密封条长度为100 mm)。从图7可以看出,密封条最大压缩负荷为5.4 N,满足 (6 ± 2) N指标要求。

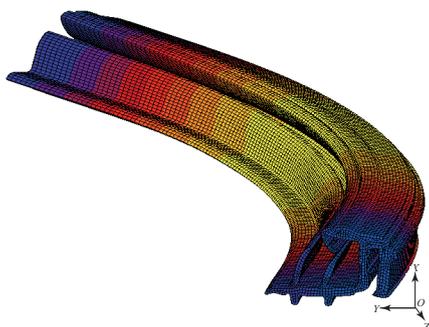


图6 结构优化后玻璃导槽密封条弯曲唇边状态

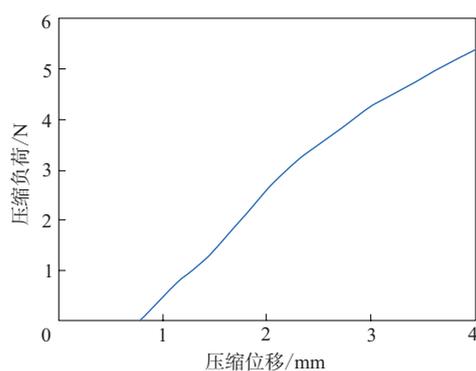


图7 结构优化后玻璃导槽压缩负荷与压缩位移关系曲线

3 实际装车验证

实际装车试验表明, 结构优化后的玻璃导槽密封条弯曲唇边起皱问题解决(如图8所示)。

4 结论

运用非线性有限元分析软件MSC. Marc, 对玻



图8 优化结构后的玻璃导槽密封条装车效果
玻璃导槽密封条弯曲变形进行三维仿真分析, 模拟了装车过程密封条弯曲唇边起皱状态。通过对密封条结构, 尤其是唇边结构进行优化, 密封条弯曲唇边不再出现起皱现象, 且密封条密封性能满足要求。

参考文献:

- [1] 黄燕敏. 轿车玻璃导槽密封条结构改进方法[J]. 汽车技术, 2013(6): 39-43
- [2] 蔡增伟, 戴元坎, 陈于文, 等. 轿车行李箱密封条起皱问题的CAE分析及优化[J]. 上海汽车, 2001(8): 19-21.
- [3] 李欢, 李慧林, 张斌, 等. 基于MSC. Marc的汽车车门密封条起皱分析及优化[J]. 橡胶工业, 2015, 62(3): 169-171.
- [4] 赵建才. 轿车车门密封条结构的非线性有限元分析及优化设计研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2002.
- [5] 燕山, 王伟. 橡胶类超弹性本构模型中材料参数的确定[J]. 橡胶工业, 2014, 61(8): 453-457.
- [6] 杨颖萍, 郭恒如, 潘坡. 车门弹性玻璃导槽密封条分隔立柱的结构优化[J]. 橡胶科技, 2016, 14(2): 32-34.

收稿日期: 2018-01-18

Wrinkling Problem and Structure Optimization of Bending Lip of Glass Run Channel Weatherstrip for Car Door

ZHAO Jiancai, WU Dingkai

(Jianxin Zhao's Group Co., Ltd, Ningbo 315615, China)

Abstract: To aim at problem of wrinkling for the lip of car door glass run channel weatherstrip which was bending during loading process, the three-dimensional simulation model of weatherstrip was built by using the nonlinear finite element analysis software MSC. Marc. The reasons of wrinkling for weatherstrip bending lip was analyzed and its structure was optimized. By optimizing the structure and adjusting thickness and radian of the lip, the wrinkling of the weatherstrip bending lip didn't occur, and sealing performance of the weatherstrip could meet requirements.

Key words: car door; glass run channel weatherstrip; lip; bending; wrinkling; finite element analysis; structure optimization