Proceeding of the 14th International Forum of Automotive Traffic Safety, 2017, pp 94-99
No.ATS.2017.201

The Optimal Design of the Side Curtain Airbag Based on FMVSS226 Regulation

Xiaoguang SUN, Jucheng WANG, Yutao SHI, Xianling CHEN
[1] *Great Wall Motor Technology Center, baoding, China, 071000*
[2] *Hebei Auto Engineering Technology Research Center, baoding, China, 071000*
Email: *15128211369@163.com*

Abstract: Based on the technical requirements of FMVSS226 in the United States, a finite element analysis of an SUV model was carried out.According to the analysis results, the design of the side air curtain was optimized by using the DOE test design method, and the experiment is verified.The results show that the model can meet the requirements of American regulations and provide a reference for the future design.

Keywords: FMVSS226; curtain airbag (CAB); analysis; optimize ;design

基于 FMVSS226 法规的侧气帘优化设计

孙小光，王居成，师玉涛，陈现岭
[1]长城汽车股份有限公司技术中心，保定，中国，071000
[2]河北省汽车工程技术研究中心，保定，中国，071000
Email: 15128211369@163.com

摘　要:基于美国 FMVSS226 法规对抛出防护的技术要求，对某款 SUV 车型进行了有限元分析。根据分析结果，利用 DOE 试验设计方法，对侧气帘进行了优化设计，并进行试验验证。验证结果表明：通过对该车型的优化设计，使该车型满足美国法规要求，为后续设计提供了参考。

关键词：FMVSS226；侧气帘；分析；优化；设计

1 引言

汽车在提供便利的同时，交通事故也引发了大量人员伤亡。经调查统计，全球每年有近 130 万人死于交通碰撞事故，其中近 40%的致命交通事故是由于车辆发生侧面碰撞和侧翻引起的[2-4]。相关研究表明，侧面碰撞和侧翻伤害中，乘员抛出为主要的伤害型式[5-7]，因此美国联邦机动车安全标准（Federal Motor Vehicle Safety Standard, FMVSS）的 226 号法规规定了对抛出缓解系统的要求，以降低侧翻或侧面碰撞事故中，乘员从侧窗完全抛出或部分抛出的可能性。

FMVSS226 法规分阶段实施，对于 2017 年后将要进入美国市场销售的车型，必须满足 FMVSS226 标准要求。FMVSS226 的实施对侧气帘设计提出了新的要求，侧气帘不能仅仅设计成缓冲垫，而应能承受足够的冲击力以减少乘员部分或全部从侧面车窗中抛出。本文基于 FMVSS226 法规要求，分析了某车型侧气帘系统防抛性能，并针对该车进行了优化设计，为后续设计提供了参考。

2 FMVSS226测试方法介绍

2.1适用范围

该标准适用于轿车、多功能乘用车、总重量（GVWR）不大于 4536 kg 的载货汽车和客车，不包括厢式车、改装车顶车辆和活动顶篷车[1]。侧面车窗的抛出缓冲装置应用于车辆前三排座椅的乘员保护。

2.2测试及评价方法

2.2.1 试验要求

FMVSS226 防抛试验采用质量为 18kg±0.05kg 的直线导向头部模型（防抛缓解冲击器）测试车辆相应部件阻止乘员被抛出的性能[8]。具体试验工况如下：

a) 在启动防抛缓解系统后 1.5s±0.1s 时间内、以 20 km/h±0.5 km/h 的速度撞击防抛缓解系统；

b) 在启动防抛缓解系统后 6.0s±0.1s 时间内、以 16 km/h±0.5 km/h 的速度撞击防抛缓解系统。

2.2.2 技术要求

每辆车最多测试 3 排侧面采光口，每个侧面采光口最多选取 4 个位置进行测试（见图 1）。当防抛缓解冲击器按照上述工况与车辆各侧面采光口的碰撞目标碰撞完成后，防抛缓解冲击器头部模型最外侧表面与零位移平面的偏移不得超过 100mm（见图 2）。

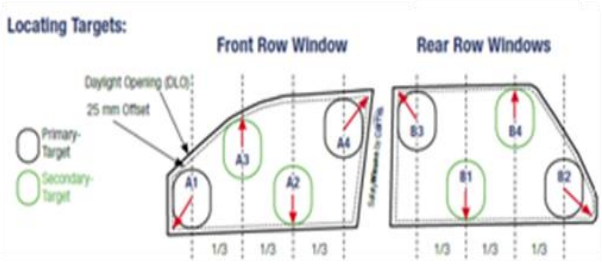

Figure 1. Test Position

图 1. 测试位置

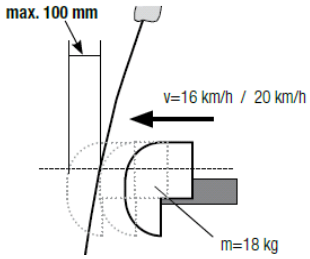

Figure 2. Test requirements for ejection mitigation systems

图 2. 评价要求

3 防抛性能分析与优化

3.1 现状描述

基于某 SUV 美国市场开发要求，本文采用通过相关性验证的有限元模型进行 FMVSS226 防抛性能分析，目标位置和碰撞点（见图 3）。

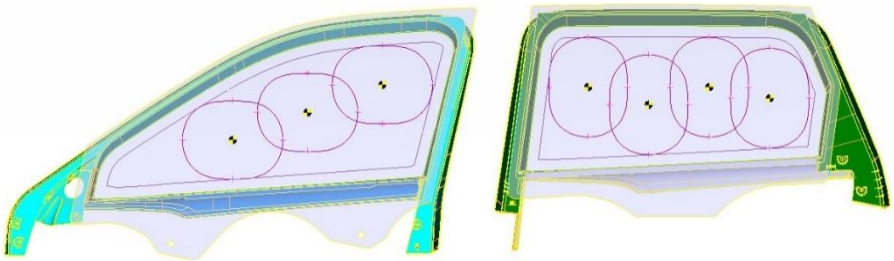

Figure 3. Final Target Locations

图 3. 冲击目标位置

防抛缓解冲击器分别以 16km/h、20km/h 的速度撞击碰撞点，分析结果显示仅有 A4 和 B2 两个碰撞点满足标准要求，其它碰撞点均超出标准限值要求，分析结果见表 1。

Table 1. Test Position And Test resulting

表 1. 测试位置和测试结果

目标位置	碰撞点	碰撞角度	测试条件和结果	
			16 km/h @ 6s	20 km/h @ 1.5 s
前车窗	A1	90˚	400mm	400 mm
	A4	90˚	0 mm	0 mm
	Aadd *(A_additional)*	90˚	400 mm	400 mm
后车窗	B1	0˚	400 mm	400 mm
	B2	0˚	33 mm	71 mm
	B3	0˚	400 mm	400 mm
	B4	0˚	400 mm	400 mm

3.2 原因分析

碰撞点 A1 位置，侧气帘未完全覆盖头型，未能形成有效支撑，导致头型位移超标。碰撞点 B1、B3、B4 位置，处于侧气帘未充气区域（见图 4），无法形成有效支撑，导致头型位移超标。

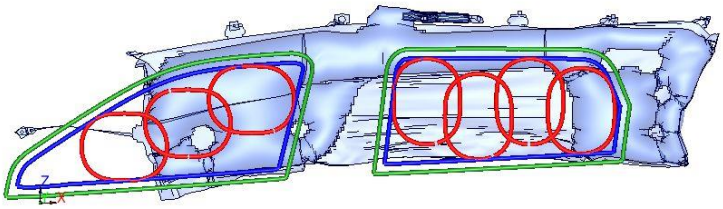

Figure 4. The analysis of the Targets

图 4. 目标位置分析

碰撞点 Aadd 位置，侧气帘虽完全覆盖头型，但刚度不足未形成有效支撑；头型与侧气帘碰撞过程中，气帘向上弯曲（见图 5），支撑力不足导致头型位移超标。

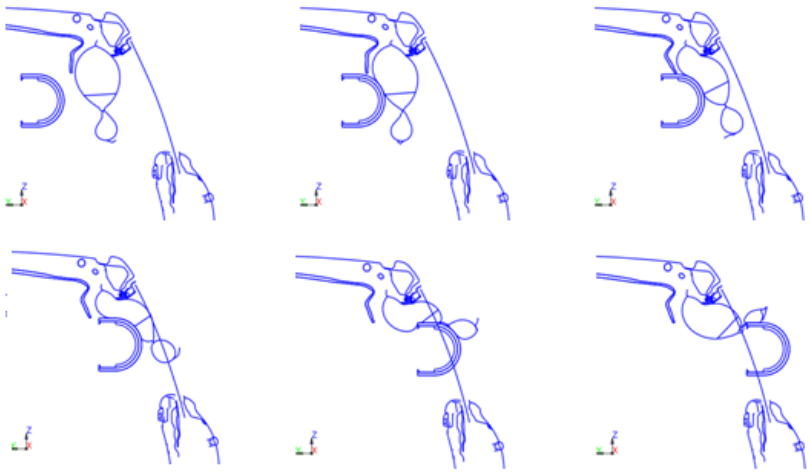

Figure 5. Test cross section diagram of the moving process of the target Aadd

图 5. Aadd 碰撞点运动过程截面图

3.3 优化方案

从以上分析可知，增加侧气帘充气区域覆盖面积和提升侧气帘整体刚度，是限制头型位移的关键。综合考虑计算时间和优化效果，本文选用试验设计方法（DOE）对侧气帘参数进行优化调整。本次 DOE 设计过程中共选取了 4 个因素，每个因素取 3 个水平，设计因素水平如表 2 所示。

Table 2. The factors and levels graph

表 2. 设计因素水平表

因素 \ 水平	水平 1	水平 2	水平 3
固定方式	6 固定点+前面 1 条拉带	6 固定点+前后各 1 条拉带	7 个固定点+前后各 1 条拉带
气袋高度	350mm	450mm	550mm
气体发生器压力	25kpa	35kpa	45kpa
气帘形状	形状 A	形状 B	形状 C

3.4 计算分析

设计一个 4 因素 3 水平的标准正交矩阵 L9(3^4)，由正交表得到 9 个试验方案，如表 3 所示。根据这 9 个不同水平组合下的设计参数，利用 LS-DYNA 依次进行分析，计算得到每个碰撞点的位移量。

Table 3. Orthogonal matrix And Test results

表 3. 正交矩阵和测试结果

因素	气袋形状	气体发生器压力 (kpa)	气袋高度 (mm)	固定方式	试验结果（mm）						
					A1	A4	Aadd	B1	B2	B3	B4
试验 1	A	25	350	6 固定点+前面 1 条拉带	258	18	196	125	31	95	106
试验 2	A	35	450	6 固定点+前后各 1 条拉带	159	0	168	98	26	69	71
试验 3	A	45	550	7 固定点+前后各 1 条拉带	87	0	113	34	12	41	38
试验 4	B	25	450	7 固定点+前后各 1 条拉带	164	31	129	43	16	54	59
试验 5	B	35	550	6 固定点+前面 1 条拉带	145	0	116	38	15	64	73
试验 6	B	45	350	6 固定点+前后各 1 条拉带	173	0	108	65	18	73	81
试验 7	C	25	550	6 固定点+前后各 1 条拉带	109	29	95	36	7	29	18
试验 8	C	35	350	7 固定点+前后各 1 条拉带	121	17	107	42	9	23	16
试验 9	C	45	450	6 固定点+前面 1 条拉带	92	1	79	18	3	19	13

3.5优化设计

根据上表计算结果进行分析，找出最佳因素水平组合为气袋形状 C、气体发生器压力 45kpa、气袋高度 550mm、7 固定点加前后各 1 条拉带，并对侧气帘进行了优化设计（见图 6）。

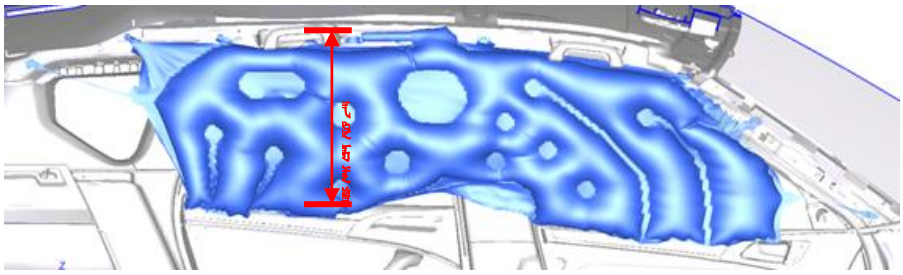

Figure 6. The Optimal Design of The Side Curtain Airbag
图 6. 气帘优化设计示意

3.6设计验证

根据上述优化设计，在部件安全试验进行了试验验证，冲击位置和碰撞点如图 7 所示。试验结果表明，各碰撞点均满足 FMVSS226 法规要求，试验结果如表 4 所示。

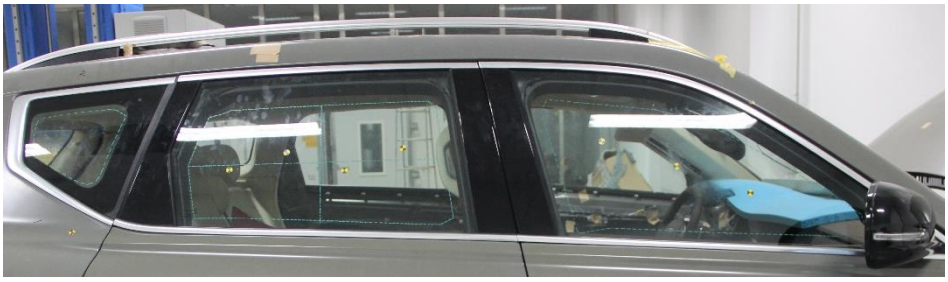

Figure 7. Final Target Locations
图 7. 冲击目标位置

Table 4. Test Position And Test resulting

表 4. 测试位置和测试结果

目标位置	碰撞点	碰撞角度	测试条件和结果	
			16 km/h @ 6s	20 km/h @ 1.5 s
前车窗	A1	90°	68mm	82 mm
	A4	90°	0	1 mm
	Aadd *(A_additional)*	90°	60 mm	73 mm
后车窗	B1	0°	20 mm	48 mm
	B2	0°	0 mm	27 mm
	B3	0°	0 mm	4 mm
	B4	0°	0 mm	9 mm

4 结束语

基于 FMVSS226 法规要求，通过对某 SUV 车型侧气帘优化设计研究，得出如下结论：

a) 气帘形状：侧气帘充气区域应完全覆盖测试区域，整体刚度分布均匀，避免出现局部刚度不足；气袋尽

可能向车辆内部凸起，增加碰撞吸能距离。

b) 气帘高度：气帘底部应与车门内饰板接触，搭接量≥80mm。

c）气袋：气袋应增加涂层，提升保压时间。

d）拉带设计：拉带受力点位置不宜过高，应与最低碰撞点保持同一高度。

e）气体发生器：发生器应结合离位保护要求和气帘周边环境件完整性要求，综合选配。

参考文献 (References)

[1] Federal Motor Vehicle Safety Standards 571.226 Ejection Mitigation

[2] Mindy H, Douglas S. Effects of headform friction on ejection mitigation testing [R]. SAE Paper, No. 2014-01-0533

[3] LEE Jeong Keun, AHN Byung-Jae, HONG Ye Ri, etal. Curtain airbag linear impact simulation method for FMVSS 226 and NCAP side impact [R]. SAE Paper, No.2014-01-0805

[4] Joe M, Douglas S, Jeff D, et al. Evaluation of variation in the excursion measured in the FMVSS 226 ejection mitigation test resulting from test vehicle setup [R]. SAE Paper, No. 2012-01-0097

[5] Evans N C, Leigh M J. FMVSS 226 ejection mitigation: A review [R]. SAE Paper, No. 2013-01-0469

[6] LIU Peijun. Analysis, detection and early warning control of dynamic rollover of heavy freight vehicles [D]. Canada Concordia University. 1999

[7] Amcneii L, Holzner D R M, Schoenevurg D R R, et al.Current worldwide side impact activities-divergence versus harmonization and the possible effect on future car design [C]// The 19th ESV Conf, Washington DC, 2005-05-0077

[8] NHTSA, DOT. Laboratory Test Procedure For FMVSS No. 226 Ejection Mitigation [S]. US: NHTSA, DOT ,2011：2-49

[9] 李海斌,王坤,朱其文.基于 FMVSS 法规解读车辆滚翻保护性能评价[J]. 汽车工程师, 2016, (2): 16-19
LI Haibin,WANG Kun,ZHU Qiwen. Interpretation of Evaluation Methods of Rollover Protection Performance Based on Federal Motor Vehicle Safety Standards[J].Auto Engineer,2016,(2):16-19

[10] 雷正保, 付爱军, 杜青云, 等. 轻型客车车身的翻滚安全性设计方法[J]. 交通科学与工程, 2009, 25(1): 63-76
LEI Zhengbao, FU Aijun, DU Qingyun, et a1. Method for the rollover safety design of light bus body [J]. J Trans Sci and Eng, 2009, 25(1): 63-76