

小偏置碰撞评分原则解析及结构优化策略

乔鑫，杨伟

(华晨汽车工程研究院 CAE 工程室，沈阳 110141)

摘要:中国汽车工程研究院与中国保险行业协会联合发布“中国保险汽车安全指数测评规程”，其中小偏置碰撞尤为引人关注，如何提高车辆小偏置碰撞工况的等级评定降低保费是主机厂当前的首要任务。通过对小偏置碰撞工况的评分原则进行详细介绍和解析，并以试验结果为依据，研究得出车体结构对小偏置碰撞整体等级评定起决定作用，驾驶员在此工况下下肢受伤残风险最高。为研究应对小偏置碰撞的车体结构，以某款 SUV 车型仿真结果为基础，详细介绍小偏置碰撞工况下车体变形特点，同时结合理论分析，提出三类优化方案，并对其进行优缺点说明，这三类优化方案为车身设计提供导向作用。针对该车型选择第二类优化方案，车体结构等级评定由“较差”提升为“优秀”。

关键词:小偏置碰撞；IIHS；安全指数；侧气帘；正面气囊；结构优化

中图分类号: U461.91 **文献标志码:** A

据全球事故统计数据显示，正面碰撞事故是发生最为频繁的，而且因正面碰撞造成人员死亡的交通事故中，小偏置碰撞约占 25%^[1]。为提升车辆正面碰撞中的耐撞性，减少小偏置碰撞事故中人员和财产损失，2012 年美国公路安全保险协会（IIHS）发布正面 25%小偏置碰撞测试规范并引入其考核项目中。2018 年 9 月 26 日中国汽车工程研究院与中国保险行业协会在重庆联合发布“中国保险汽车安全指数测评规程”，其规程包括小偏置碰撞试验方法和评价准则。这将对中国汽车行业带来更大的挑战，对国产汽车的安全性提出更高要求^[2]，同时也能规范国内主机厂在整车开发设计中将小偏置碰撞作为一种不可忽视的工况，从而能整体提高车辆正面碰撞的耐撞性能。

本文根据“安全指数”关于小偏置碰撞测试规程和评价方法，对某 SUV 车型的有限元模型进行小偏置碰撞仿真分析和车身耐撞性评价，以仿真结果为研究对象重点介绍小偏置碰工况下车体变形特点，并对其结果进行理论分析和提出优化策略，然后对优化方案进行仿真验证。

1 小偏置碰撞试验规程与评价规程简介和解析

1.1 小偏置碰撞试验规程简介

“安全指数”的小偏置正面碰撞试验规程和评价原则与 IIHS 的完全一致，测试试验要求车辆以 64.4 ± 1 km/h 的速度撞击一个固定的刚性屏障，碰撞时车辆左侧以 $25 \pm 1\%$ 的车体宽度与屏障表面重叠，其中车辆驾驶员位置安放一个 Hybrid III50% 的男性假人，用来测量碰撞过程中驾驶员损伤情况^[3-4]，示意图如图 1 所示。主要用来模拟现实行车中与其他车辆、路边的树木或电线杆等发生碰撞的事故类型。

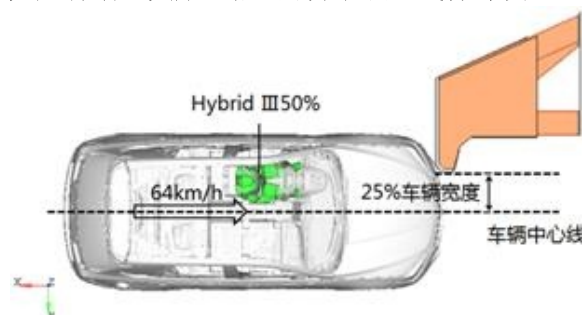


图 1 小偏置碰撞示意图

1.2 小偏置碰撞评价原则简介

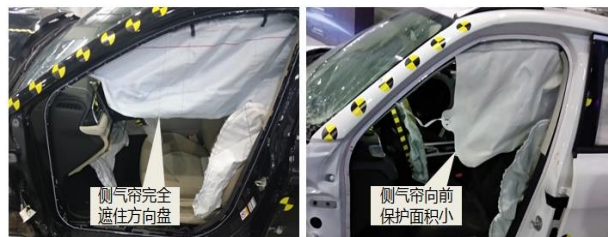
小偏置碰撞评价等级由三部分组成：约束系统和假人运动等级评定、假人伤害等级评定、车体结构等级评定，单项评价和整体评价均分为优秀、良好、及格和差，其中假人伤害等级评定可由假人头部和颈部、胸部、大腿和髌骨、腿部和脚部几个部位来评估。总体评价根据车辆结构、假人头部和颈部、胸部、大腿和髌骨、腿部和脚部伤害测量值以及约束系统与假人运动等级计算得到^[5]，如图 2 所示。

评估项目	等 级			
	优秀 (G)	良好 (A)	一般 (M)	较差 (P)
车辆结构	0	2	6	10
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髌部	0	2	6	10
腿部和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
总体等级界限值	0-3	4-9	10-19	20+

图 2 小偏置碰撞总体评价

1.3 小偏置碰撞评价原则研究与分析

约束系统和假人运动等级评定主要涉及主动安全配置、约束系统之间合理的匹配和车体加速度。由于在碰撞后期，碰撞车辆绕壁障向右侧旋转产生较大侧向位移，而假人由于惯性头部向车外运动，导致无法撞击到驾驶员气囊中心，头部得不到气囊充分保护且易与车门框及 A 柱硬体结构接触，造成头部伤害过大。约束系统和假人运动等级评定要想得到优秀，必须配置侧面气帘，且侧气帘展开后前向至少能保护到方向盘区域如图 3 所示；尽量向下延伸避免假人头部向前运动时脱离气帘的保护；正面安全气囊直径要尽量大，要能提供稳定的正面安全气囊作用。以上所述均为在一定车体加速度下，对约束系统参数间进行合理匹配，好的加速度曲线有利于约束系统的匹配，车体加速度与车体结构密切相关。



(a) 有效的侧气帘保护 (b) 较差的侧气帘保护

图 3 侧气帘有效保护对比

文献[4]的研究指出小偏置碰撞中假人头颈部、胸部的伤害通常可满足“优秀”等级，而假人腿和脚部的伤害受到结构入侵量影响，评定等级一般在“良好”或以下，即在小偏置碰撞中假人下肢更容易受伤。分析 IIHS 试验结果得出相似结论：25%偏置碰撞造成的假人头颈胸部损伤低于 40%偏置碰撞，下肢损伤比 40%偏置碰撞高。图 4 数据来源 IIHS 试验，由图 4 可知 Lincoln MKZ、Suzuki Kizashi、Nissan Maxima 在 40%偏置碰撞中头颈评分为“A（良好）”，而在 25%偏置碰撞中头颈评分为“G（优秀）”；所有试验车型在 40%偏置碰撞工况下腿和脚的评分要高于 25%偏置碰撞工况。综上两条得出要想提高 25%偏置碰撞假人伤害等级，重点是降低假人下肢的伤害，主要优化方向是控制乘员舱入侵量，为此需要设计优良的车身结构，即假人伤害等级评定与车体结构密切相关。

Small cars' small overlap frontal ratings									
Dummy Injury Measures									
	Overall	Structure	Restraints & Kinematics	Head & Neck	Chest	Hip & thigh	Lower leg & foot		
Acura TL	G	A	G	G	G	G	G		
Volvo S60	G	A	A	G	G	G	G		
Infiniti G	A	M	G	G	G	G	G		
Acura TSX	M	M	M	G	G	G	G		
BMW 3 series	M	M	M	G	G	G	G		
Lincoln MKZ	M	M	M	G	G	G	A		
Volkswagen CC	M	M	M	G	G	A	G		
Mercedes C-Class	M	M	M	G	G	G	G		
Lexus IS 250/350	M	M	M	G	G	G	G		
Audi A4	M	M	M	G	G	G	G		
Lexus ES 350	M	M	M	G	G	M	G		

Small cars' moderate overlap frontal ratings									
Dummy Injury Measures									
	Overall	Structure	Restraints & Kinematics	Head & Neck	Chest	Leg/foot, left	Leg/foot, right		
Acura TL	G	G	G	G	G	G	G		
Volvo S60	G	G	G	G	G	G	G		
Infiniti G	G	G	G	G	G	G	G		
Acura TSX	G	G	G	G	G	G	G		
BMW 3 series	G	G	G	G	G	G	G		
Lincoln MKZ	G	G	G	A	G	G	A		
Volkswagen CC	G	G	G	G	G	G	G		
Mercedes C-Class	G	G	G	G	G	G	G		
Lexus IS 250/350	G	G	G	G	G	G	G		
Audi A4	G	G	G	G	G	G	G		
Lexus ES 350	G	G	G	G	G	G	G		

(a) 小型车试验结果对比

Midsize cars* small overlap frontal ratings										Midsize cars* moderate overlap frontal ratings									
Dummy Injury Measures										Dummy Injury Measures									
Restraints & Kinematics			Head & Neck		Chest		Thigh & foot			Restraints & Kinematics			Head & Neck		Chest		Leg/foot, left & right		
Overall Structure										Overall Structure									
Honda Accord	G	A	G	G	G	G	G	G	G	Honda Accord	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Suzuki Kizashi	G	A	G	G	G	G	G	G	G	Suzuki Kizashi	G	G	G	A	G	G	G	G	G
Ford Fusion	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Ford Fusion	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Honda Accord 2-door	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Honda Accord 2-door	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Kia Optima	A	M	A	A	A	A	A	A	A	Kia Optima	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Nissan Altima	A	A	A	A	A	A	A	A	A	Nissan Altima	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Nissan Maxima	A	M	A	A	A	A	A	A	A	Nissan Maxima	G	G	G	A	G	G	G	G	G
Subaru Legacy	A	M	A	A	A	A	A	A	A	Subaru Legacy	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Subaru Outback	A	M	A	A	A	A	A	A	A	Subaru Outback	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Dodge Avenger	A	A	A	M	A	A	A	A	A	Dodge Avenger	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Chrysler 200	A	A	A	M	A	A	A	A	A	Chrysler 200	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Mazda 6	A	A	A	M	A	A	A	A	A	Mazda 6	G	G	M	A	G	G	G	G	G
Volkswagen Passat	A	A	A	M	A	A	A	A	A	Volkswagen Passat	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Hyundai Sonata	M	M	M	A	A	A	A	A	M	Hyundai Sonata	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Chevrolet Malibu	M	M	M	A	A	A	A	A	M	Chevrolet Malibu	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Volkswagen Jetta sedan	M	M	M	M	A	A	A	A	M	Volkswagen Jetta sedan	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Toyota Camry	M	M	M	M	A	A	A	A	M	Toyota Camry	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Toyota Prius v	M	M	M	M	A	A	A	A	M	Toyota Prius v	G	G	G	G	G	G	G	G	G

(b) 中型车试验结果对比

图 4 IIHS 碰撞试验结果对比

车体结构等级用乘员舱测量点入侵量进行评定，所有测量点被划分为两个区域：乘员舱下部与上部。乘员舱下部包括 A 柱下铰链、左侧搁脚板、左侧足板、制动踏板、驻车制动踏板和门槛。乘员舱上部包括转向管柱、A 柱上铰链、上仪表板和左下方仪表板，如图 5 所示。对乘员舱上、下两个部分分别进行评价，评价标准是基于各测点入侵量而定，并取上下部分评级较差者作为车辆结构等级评定的最终结果^[6]，所以入侵量大小决定车辆结构等级评定，入侵量大小直接与车身结构息息相关。

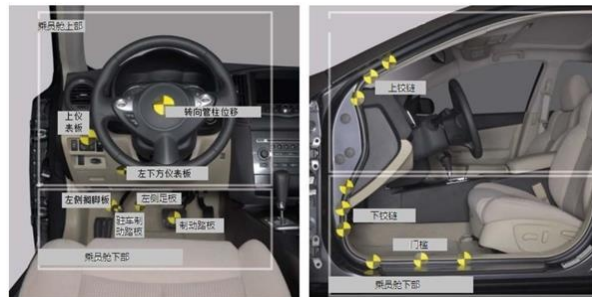


图 5 乘员舱测点图示

2 某 SUV 小偏置碰撞结构耐撞性分析

以某国产 SUV 车型 25%小偏置碰撞仿真结果为研究对象，介绍 25%偏置碰撞工况下车身变形特点，并按照“安全指数”评分原则对其结构进行等级评定。

2.1 仿真结果可靠性分析

此 SUV 有限元模型经过正面 100%和 40%碰撞对标，模型具有一定的可靠性。能量守恒和稳定是保证碰撞仿真结果准确可信的前提，该仿真结果的沙漏能、内能、动能、总能量变化曲线，如图 6 所示。一般要求总能量曲线平稳、沙漏能占总能量比例和质量增加不超过 5%，该模型的计算精度满足上述要求。

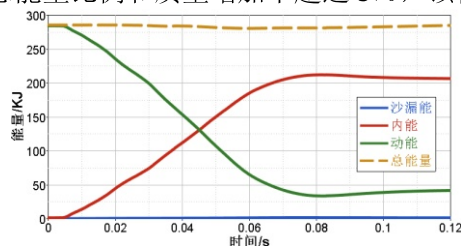


图 6 能量曲线

2.2 小偏置碰撞车体结构结果评价

本文对车体结构等级评估时，测量点入侵量用动态最大值，而试验评估使用静态值，主要原因是：（1）假人受到的伤害与入侵量最大值相关性较大；（2）出于对仿真结果保留安全余量考虑。

按照“安全指数”关于小偏置碰撞车身结构耐撞性评分标准进行评定，结果如图 7 所示。乘员舱上部评定结果为“较差”，下部评定结果为“一般”，车体结构整体评定结果取两者中较差，即评定结果为“较差”。

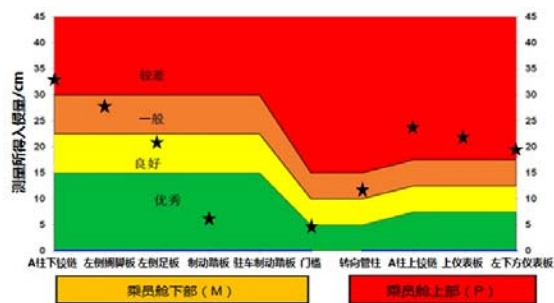
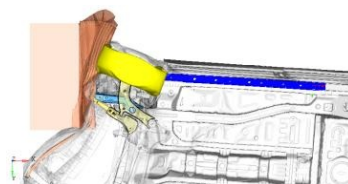


图 7 车体评价结果

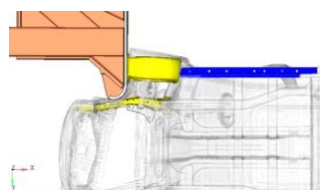
2.3 小偏置碰撞车身变形特点分析

众所周知吸能盒、纵梁是碰撞过程中的主要吸能部件。40%偏置碰撞主要通过单侧吸能盒、纵梁、上纵梁和副车架吸收碰撞能量同时向后传递碰撞力，由于壁障与防撞梁重叠面积较大，防撞梁将部分碰撞力传递到右侧，如图 8a 所示。尽管仅有单侧前端结构变形吸能，但柔性壁障同样吸收部分碰撞能量，整体上乘员舱入侵量是可控的。在小偏置工况中，由于车体与刚性壁障重叠面积仅有 25%，如图 8b 所示，碰撞过程中刚性壁障完全避开防撞梁、吸能盒、前纵梁、副车架等正面主要吸能部件，车体前端结构整体吸能不足，碰撞能量几乎未减少直接撞向轮胎与上纵梁，导致轮胎和上纵梁在强烈的能量冲击下挤压门槛、前围板、A 柱和上边梁，造成较大的乘员舱侵入量，导致驾驶员严重的腿部和脚部伤害。

由图 9 看出，轮胎外翻，门槛失稳向内折弯，给整车一个较大的侧向力，同时由于碰撞力的作用线不通过汽车的形心，从而形成了一个力矩^[8-10]，在车辆碰撞中后期，车辆绕壁障旋转较大（几乎达到 90 度旋转角），头部容易滑离气囊撞向 A 柱、门槛等硬结构，造成头部伤害过大。



(a) 40%偏置碰撞工况



(b) 25%偏置碰撞工况

图 8 壁障与车体相对位置关系

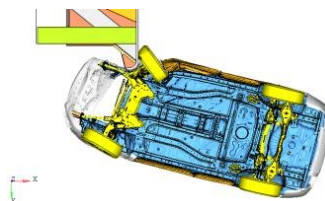


图 9 整车变形底视图

小偏置碰撞车身变形特点概括起来有两点：

- (1) 乘员舱变形严重，结构入侵量大，对驾驶员腿部、脚部有较大伤害。
- (2) 整车绕壁障旋转非常严重，影响假人的运动姿态，使假人向车外运动头部易与车门框及车内侧面的硬体结构接触，增大头部伤害。

因此对车身结构耐撞性优化，需对以上两点同时解决。

3 小偏置碰撞车体耐撞性优化

小偏置碰撞车体耐撞性优化目的是解决乘员舱入侵量大和整车旋转严重问题，从而有效保护车内人员安全，IIHS 执行小偏置碰撞测试的理念是：督促 OEMs 设计“笼式安全车身”给乘员提供有效保护，两者目的一致。国内不少学者和专家研究过小偏置耐撞性的优化方案，其中肖锋^[9]研究的理论性比较强，对优化方案制定具有一定的借鉴性。

3.1 小偏置碰撞耐撞性优化理论分析

根据小偏置碰撞车体变形特点，将车身结构从前到后分为三个碰撞区域，如图 10 所示。

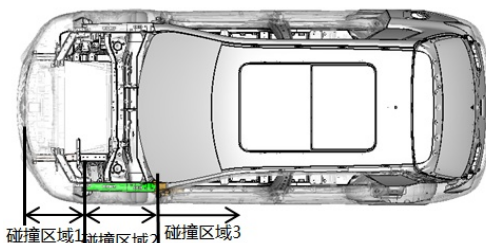


图 10 碰撞区域划分

碰撞区域 1：防撞梁至 shotgun 前端；碰撞区域 2：shotgun 前端到前围板；碰撞区域 3：A 柱及其以后部分^[7-9]。

文献[9]通过研究 IIHS 试验结果，将试验后车辆停止状态分为两类：车辆几乎未绕壁障旋转直接越过壁障和车辆绕壁障发生 90 度左右的旋转。根据能量守恒列出上面两类车辆停止状态的数学表达式：

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_1 + E_2 + E_3 + \frac{1}{2}mv_x^2 + \frac{1}{2}mv_y^2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = E_1 + E_2 + E_3 + \frac{1}{2}J_z\omega_z^2 \quad (2)$$

式中： v_0 为整车初始速度； E_1 、 E_2 、 E_3 为三个碰撞区域吸收的能量； v_x 、 v_y 为碰撞后整车沿 X 和 Y 向的残留速度； J_z 、 ω_z 为整车绕 Z 轴的转动惯量和角速度。小偏置碰撞当前存在问题是乘员舱变形严重和车辆旋转严重，即 E_3 和 ω_z 过大。

对公式（1）来说，如果 v_x 增大容易造成二次伤害；而增大 v_y 带来的风险与 w_z 一致，所以设计思路是有效增大 E_1 、 E_2 ，即增加碰撞区域 1、2 的吸能。对公式（2）来说，就是要降低 E_3 和 w_z ，可行的办法也只有增大 E_1 、 E_2 。

作为保护乘员安全的最后一道防线乘员舱理论上如何加强都不为过，但这与轻量化设计相矛盾，且过大的乘员舱刚度导致车体加速度很大（由于 E_1 、 E_2 较小），容易造假人胸部和头部伤害。所以最有效的方案是增大 E_1 、 E_2 ，适当加强乘员舱强度。

3.2 小偏置碰撞耐撞性不同优化方案对比

通过查阅和研究相关资料，笔者将对机舱的优化方案归纳为三类：（1）碰撞过程中车辆越过壁障，减小对乘员舱的冲击；（2）增加碰撞力的传递路径或增加变形吸能部位；（3）破坏碰撞力的主要传递路径：壁障—轮胎—门槛的接触。

第一类优化方案符合公式（1）描述的现象，在 IIHS 做过的所有小偏置碰撞试验中，其车体耐撞性评价不低于“良好”。笔者认为此方案有较大不确定性：首先，较大的碰撞后残留速度增大二次碰撞事故风险；其次，碰撞试验室地面比较光滑，轮胎与地面摩擦系数较小，车辆较容易产生侧向位移而滑离壁障，但实际交通路面粗糙时车辆很可能无法滑离壁障，此优化方法失效，增大乘员舱变形严重的风险。基于以上两点考虑，摒弃此优化方向。

第二类优化方案的本质是，通过增加侧向结构让防撞梁、吸能盒、纵梁、副车架发挥其变形吸能及向后传递碰撞力的作用。其优化思路与传统设计理念一致，前端稳定吸收碰撞能量，当壁障或轮胎撞击门槛或乘员舱时，由于碰撞能量较小，不会引起乘员舱的较大入侵量和整车旋转，从而维持乘员舱的稳定性，保护驾驶员安全性。

第三类优化方案：破坏碰撞力的主要传递路径“壁障—轮胎—门槛的接触”，主要方法是设计悬架与转向系统失效，使轮胎在未形成对门槛猛烈冲击前与副车架在脱离，同时增加了机舱纵梁外侧部件变形吸能空间，可有效减少乘员舱入侵量。文献[5]作者使用此方法做过优化，笔者也单独验证过此方案确实有效。但从实际使用角度考虑匹配底盘系统与车身协同工作（例如车身变形到某点底盘系统失效）具有一定困难；从平台通用性角度考虑成，更改底盘系统成本较高。

通过对以上三类优化方案进行研究后，决定选择第二类，主要原因是：方案可靠性高、实施简单、成本较低。

乘员舱优化方案：通过提高材料等级或增加加强件或两者同时进行使乘员舱结构加强。机舱结构优化和乘员舱优化需同时进行才能确保乘员舱的稳定性，保证假人安全性。

3.3 小偏置碰撞耐撞性优化方案描述

对机舱结构优化：（1）在碰撞区域 1 增大吸能部件与壁障的重叠面积，将防撞梁向两侧延长；增大吸能盒断面结构和尺寸，并在其后端增加支撑梁。（2）在碰撞区域 1 和 2 之间增加支撑梁，即在 shotgun 前端与吸能盒安装板之间增加支撑梁。优化方案如图 11 所示。

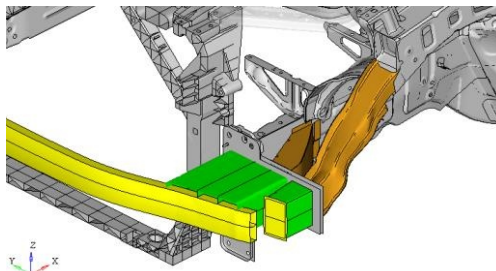


图 11 机舱优化方案图

对乘员舱的结构优化：假人歇脚区域横梁和脚下纵梁材料等级提升一级（780DP）；门槛增加加强横梁。方案如图 12 所示。

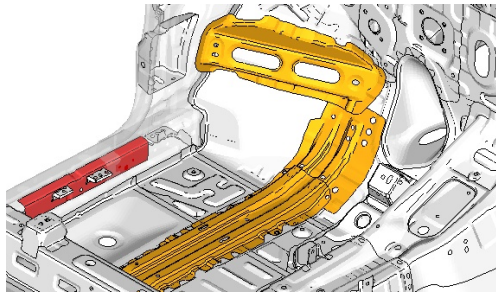


图 12 乘员舱优化方案图

3.4 优化方案验证分析

车体结构耐撞性优化方案结果如图 13 所示。

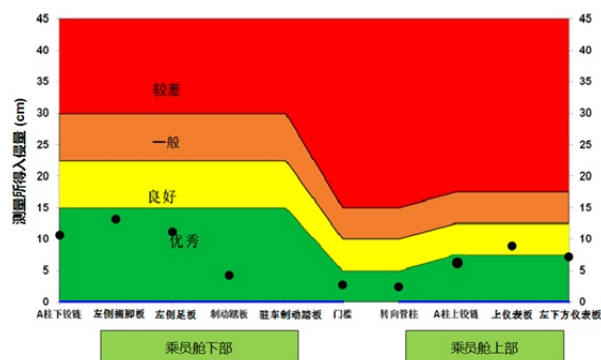


图 13 优化后车体结构评定结果

从图示可看出乘员舱上部评定结果“优秀”、下部评定结果“优秀”，整体评级由“较差”提升为“优秀”。对该车型进行结构优化后，小偏置碰撞结果取得较好效果。优化后前端结构变形如图 14 所示，吸能盒完全压溃，纵梁前端压溃、中部弯曲变形，增加的支撑梁也全部变形，前端吸收较大碰撞能量，从而保证乘员舱变形量明显减小，降低假人受伤风险。图 15 是乘员舱优化前后变形对比。

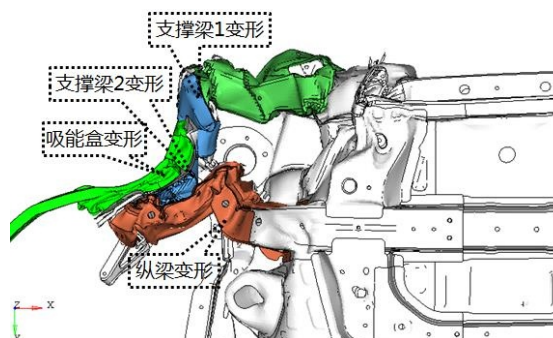
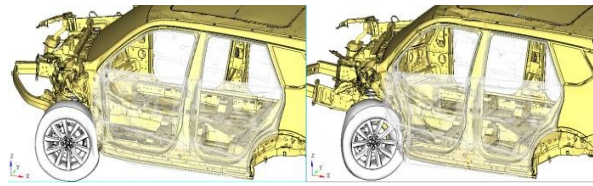


图 14 车辆前端结构变形



(a)优化后

(b)优化前

图 15 优化前后乘员舱变形对比

经验证优化后的该 SUV 车型正面 100%碰撞工况和 40%偏置碰撞工况发现,吸能盒与纵梁的变形效果较 25%小偏置碰撞工况差,主要原因在于 100%碰撞和 40%偏置碰撞工况下,车辆前端单侧需要吸收的碰撞能量比 25%偏置碰撞工况少,三种工况下整体变形趋势比较一致。优化后正面和偏置碰撞的加速度曲线变化较大,并且峰值略有升高但并未超过设计目标,所以气囊起爆需要重新标定。三种工况下 25%偏置碰撞加速度峰值最小。

4 结论

1、在对小偏置碰撞评分原则分析、试验结果数据统计、相关资料研究上得出:(1)车体结构对小偏置碰撞整体等级评定起决定作用;(2)假人受致命伤害(头颈部和胸部)的风险低于其他工况,但下肢伤残风险高于其他工况。

2、经过第二类优化方案的实施,使该 SUV 车型的车体结构等级评定由“较差”提升为“优秀”。该优化方案可靠性高、实施简单、成本较低,并且具有通用性,可为其他车型小偏置碰撞优化提供参考。

3、无论对那种工况进行优化,都需要对有影响的工况进行验证,综合判断气囊起爆是否需要重新标定。

参考文献:

- [1] 易超. 小重叠偏置碰撞安全研究[D]. 长沙:湖南大学, 2016.
- [2] 刘宏达, 李永刚, 雷斌, 等. 国内某车型小偏置碰撞假人伤害分析与研究[J]. 汽车科技, 2018(4):50-57.
- [3] Small Overlap Program Protocol and Rating Guidelines, Insurance Institute for Highway Safety[Z]. Ruckersville VA:IIHS,2012.
- [4] Small Overlap Frontal Crash-worthiness Evaluation Crash Test Protocol(Version IV)[Z]. Ruckersville VA: IIHS, 2016.
- [5] 汪俊, 李雪玲. IIHS 正面小偏置碰撞试验及发展趋势研究[J].汽车工程学报, 2017, 7(6):432-438.
- [6] 胡远志, 梁锐, 刘西, 等. 某轿车小偏置碰撞结构耐撞性优化[J]. 重庆理工大学学报:自然科学, 2018, 32(2):1-9.
- [7] IIHS. Small overlap crashes [R/OL]. IIHS Status Report, 2012, 47(6): (2012-12-10). <http://www.iihs.org/externaldata/srdata/docs/sr4706.pdf>.
- [8] 贾丽刚, 吕俊成, 林智桂, 等. 某 SUV 小偏置碰撞仿真及车体结构优化[J]. 机械设计与制造, 2017(1):91-93, 96.
- [9] 肖锋, 陈晓峰. IIHS 小偏置碰撞位移导向策略与结构评估方法[J]. 汽车安全与节能学报, 2013, 4(4):322-333.
- [10] 李林峰, 刘卫国, 张君媛, 等. 基于 25%小偏置正面碰撞的某乘用车前端结构改进设计[J]. 中国机械工程, 2015, 26(17):2400-2405.

Analysis on Rating Principle and Structural Optimization Strategy of Small Overlap Crash

QIAO Xin, YANG Wei

(Brilliance Auto R&D Center, Shenyang 110141, China)

Abstract: China Automotive Engineering Research Institute and China Insurance Industry association jointly issued the “China Insurance Automotive Safety Index Evaluation Rules”, in which small overlap crash is particularly interesting. How to improve the rating evaluation of vehicle on the small overlap crash condition and reduce the premium is the primary task of the OEMs (Original Equipment Manufacturers) at present. Through the detailed introduction and analysis of the rating principle of small overlap crash, and based on the test results, it is concluded that car body structure plays a decisive role in the overall rating evaluation of small overlap crash, and the driver has the highest disability risk of the lower limb under this condition. In order to study the car body structure for requirement of small overlap collision, basing on the simulation results of a SUV model, and the car body deformation characteristic on small overlap crash is introduced in detail, combining with theoretical analysis, three kinds of optimization schemes are proposed, their advantages and disadvantages are explained, These three kinds of optimization schemes provide guidance for car body design. The second type of optimization scheme is selected for the SUV, and the overall body structure rating has been upgraded from “Poor” to “Good”.

Keywords: Small overlap crash; IIHS; Safety index; Side curtain; Airbag; Structure Optimization