

Assessment Targets Establishing and Application in RCAR Low Speed Crash

ZENG Wei¹, DU Hanbin¹, WANG Dazhi¹, TANG Xiaodong¹, HAN Xu²

(1. Technical Center, SAIC Motor Passenger Vehicle Company, Shanghai, 201804, China; 2. State Key Laboratory of Advanced Design and Manufacturing for Vehicle Body, Hunan University, Changsha, 410082, China)

Abstract: RCAR low speed crash test, often called the damageability test, was adopted for insurance group rating in many EU countries. In this paper, the CAE assessment targets of RCAR low speed crash test are established based on the objects of RCAR insurance crash test procedure: all of the damage should be restricted to low cost, easily replaceable components. As a case study, a front low speed crash simulation analysis using the CAE assessment targets is presented. After correlating to physical test, the simulation model is used to optimize and improve the related front structure of the vehicle, for example, the crush-can matching to front longitudinal and risk reducing of the cooling pack.

Keywords: low speed crash, RCAR, CAE, optimization design

RCAR 低速碰撞评价指标的 CAE 构建及应用

曾伟¹, 杜汉斌¹, 王大志¹, 汤晓东¹, 韩旭²

(1. 上海汽车集团乘用车公司技术中心, 上海 201804; 2. 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 湖南长沙 410082)

摘要: 低速碰撞 RCAR 相关测试是欧盟各国汽车保险评级的主要依据, 基于 RCAR 低速碰撞试验规程的试验方法与评价方式, 文中提出了 RCAR 低速碰撞的 CAE 评价目标与具体指标。同时, 以某车型的低速前碰撞仿真分析为例, 应用所提出的 CAE 评价指标进行考核, 依据实车试验对模型进行了对标, 然后从吸能盒与前纵梁刚度匹配、降低水箱散热器受挤压风险的角度对相关件进行了优化分析及改进。

关键词: 低速碰撞, RCAR, CAE, 优化设计

汽车在城市中经常发生低速前端、尾部碰撞的情况, 事故发生后造成的车辆损失常常由保险机构负责, 因此保险机构常需对车辆在低速碰撞条件下的损伤情况进行评估分级。RCAR(Research Council for Automobile Repairs)低速碰撞规程^[1]是对汽车进行损害与可维修评估而制定的重要评价方法, 已为欧盟国家普遍接受。它包括驾驶员侧前部碰撞、加油口侧后部碰撞两项内容, 试验操作时以 15(+1/-0)km/h 的相对速度与刚性壁障面以 40% 的重叠相撞。汽车保险评级主要依据此两项试验的结果, 结合汽车售价、损坏件售价、维修工时、车辆性能等计算得到最终的车辆保险等级^[2]。

CAE 碰撞仿真技术作为评价性能整车安全的重要手段^[3], 其仿真目标的构建十分重要, 在 RCAR 低速碰撞仿真时同样需要制定相应考察指标。本文依据 RCAR 低速试验规程, 结合 CAE 碰撞仿真的特点, 提出了 RCAR 低速碰撞的 CAE 仿真评价指标, 并以一典型低速前碰撞仿真作为应用实例进行分析与优化改进。

1 引言

RCAR 低速碰撞试验时的速度控制在 15~16km/h 的范围内, 能量相比高速碰撞时少很多, 在设计时希望能量主要由保险杠系统(Bumper System)吸收, 即主要依靠保险杠横梁(Bumper Beam)、吸能盒(Crush-can)和泡沫(Foam)等。损伤应严格限制在低成本、易维修替换的零部件上。试验中要求燃油供给系统不允许发生泄漏, 不启动正面气囊、安全带预紧功能^[1]。

2 评价指标

根据试验评价所要求的所有损伤应严格限制在低成本、易维修替换的零部件上, 可以具体定义评价目标为: 保险杠系统通过合理的变形损伤并充分吸收能量, 如吸能盒刚度与纵梁刚度要匹配, 不发生弯折变形; 前撞时前保险杠吸能盒以后或后撞时后保险杠吸能盒以前的任何部件均不能发生损伤或损伤十分微小, 如尤其需要注意散热系统等不受到侵害; 对于钣金件等我们将损伤微小定义为局部有效塑性应变小于 5%, 因为此时在检查时尚难以看出明显变形损害, 等等。结合试验, 可制定相应仿真分析评价指标如下。

2.1 前端低速刚性壁障碰撞评价指标

- (1) 前纵梁应无永久性损伤, 在仿真模拟中定义为纵梁塑性应变不应大于 5%;
- (2) 前照灯应不受到接触挤压变形;
- (3) 散热器应不受到接触挤压变形;
- (4) 发动机罩盖应无永久变形;
- (5) 前翼板应无永久变形;
- (6) 保险杠端帽以后(沿 X 向)的其他车辆零件应无永久损伤;

(7)保险杠罩面、保险杠防撞梁以及吸能盒的变形损伤是合理的；

(8)非变形区域应无焊点失效。结构变形区域的焊点失效表现应是可接受的，即如果不影响评价目标所含的性能，其失效是可以接受的。因此在条件允许的情况下需要进行焊点失效 CAE 评估；

(9)所有发动机、变速箱和连杆相关的悬置，其负载应低于失效载荷。

2.2 后端低速刚性壁障碰撞评价指标

(1)后纵梁应无永久性损伤，在仿真模拟中定义为纵梁塑性应变不应大于 5%；

(2)后照灯应不受到接触挤压变形；

(3)排气管应不受到接触挤压变形；

(4)行李箱盖(或后门盖)应无永久变形；

(5)后翼板应无永久变形；

(6)后保险杠端帽以前(沿 X 向)的其他车辆零件应无永久损伤；

(7)保险杠罩面、保险杠防撞梁以及吸能盒的变形损伤是合理的；

(8)非变形区域应无焊点失效。结构变形区域的焊点失效表现应是可接受的，即如果不影响评价目标所含的性能，其失效是可以接受的，在条件允许的情况下需要进行焊点失效 CAE 评估；

(9)所有发动机、变速箱和连杆相关的悬置，其负载应低于失效载荷。

3 仿真分析实例

3.1 整车 RCAR 仿真建模与工况简介

现以 RCAR 前部碰撞为例，仿真的整车模型可采用与全宽正面碰撞时一致，偏置刚性壁障位于驾驶员侧，与车体前端呈 $40\% \pm 25\text{mm}$ 的重叠，整车以 $15(+1/-0)\text{km/h}$ 的速度撞向壁障。

3.2 仿真结果的 CAE 指标考核

对照 2.1 提出的评价指标要求，对前纵梁变形(塑性应变)、前照灯变形、散热器受挤压的风险、发动机罩盖变形、前翼板变形等指标进行了考察。受撞侧前端结构总体变形见图 3.1；前纵梁的塑性应变见图 3.2，仿真结果为 4.89%；前照灯塑性应变及散热器受挤压的风险见图 3.3、图 3.4，发动机罩盖、前翼板受撞后残余塑性应变可见图 3.5、图 3.6；发动机、变速箱和连杆相关的悬置负载见图 3.7，均低于失效载荷 35000N。

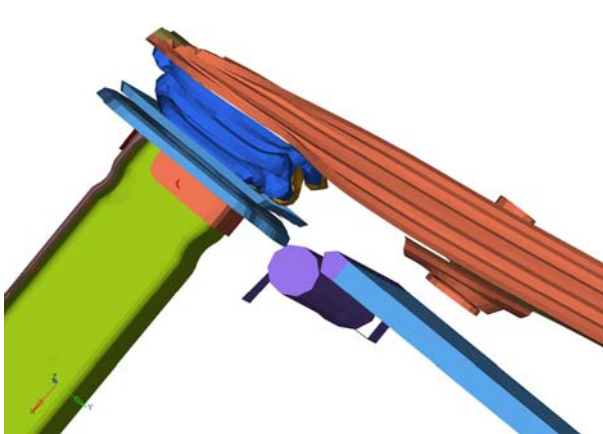


图 3.1 受撞侧前端结构总体变形情况

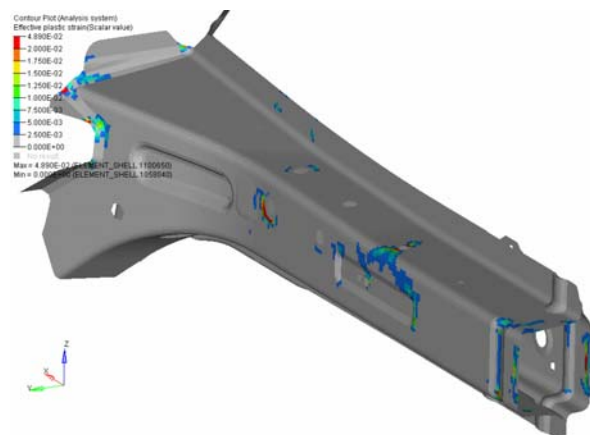


图 3.2 前纵梁塑性应变分布

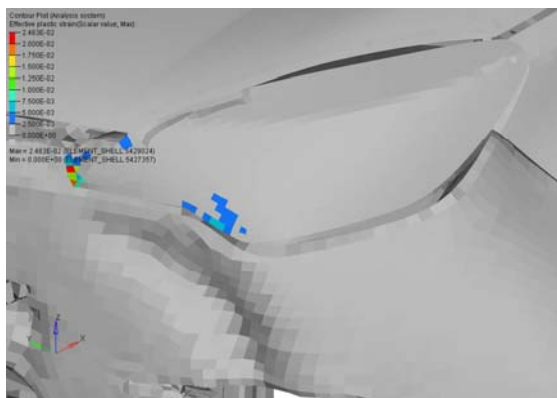


图 3.3 前照灯塑性应变分布

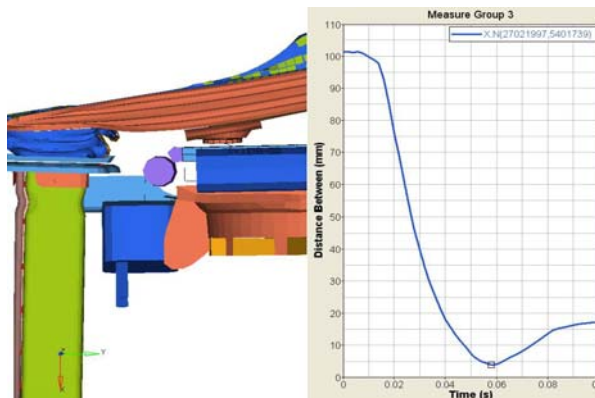


图 3.4 散热器受挤压风险

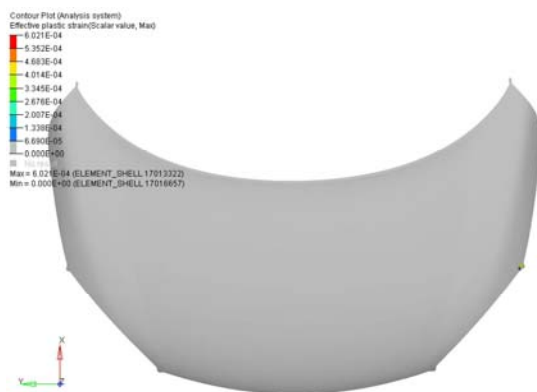


图 3.5 发动机罩盖塑性应变分布

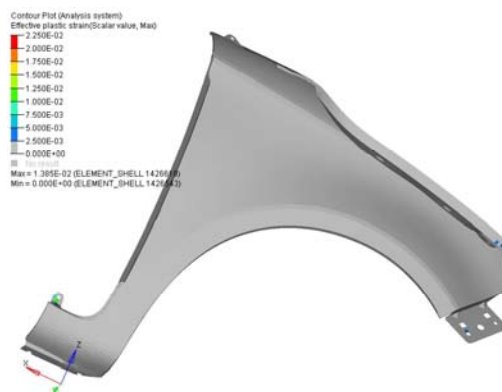


图 3.6 前翼板塑性应变分布

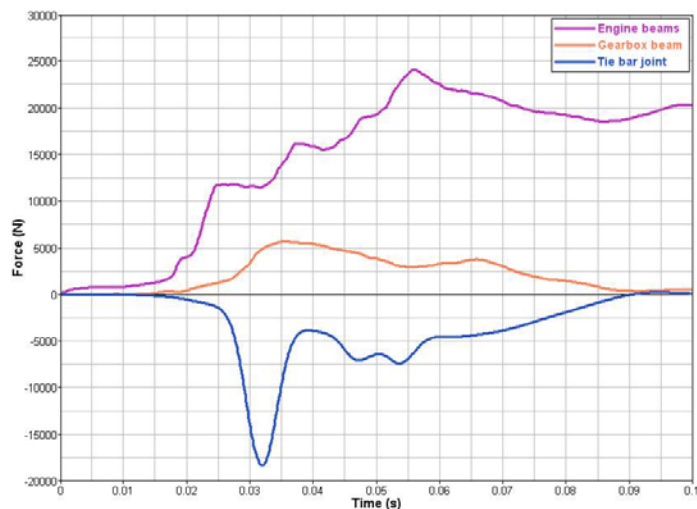


图 3.7 发动机、变速箱和连杆相关的悬挂负载情况

由上述指标的 CAE 评价结果可以看到，仿真结果基本满足目标要求。为验证模型的有效性，下一步进行仿真与试验对标分析。

3.3 仿真与试验结果对标比较

整车 RCAR 试验结果发现保险杠吸能盒变形不足，且前纵梁前端内侧诱导槽处的变形较大，经过材料试验发现是由于吸能盒的材料太硬，根据试验结果修正模型中相应材料参数的输入，得到了对标比较好的仿真结果。纵梁前端变形、水箱散热器被挤压的风险情况、吸能盒的变形情况分别见图 3.8、图 3.9 和图 3.10。

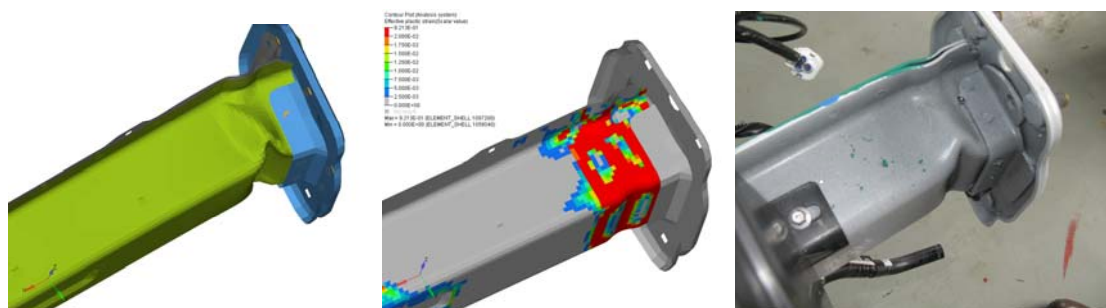


图 3.8 前纵梁前端变形比较

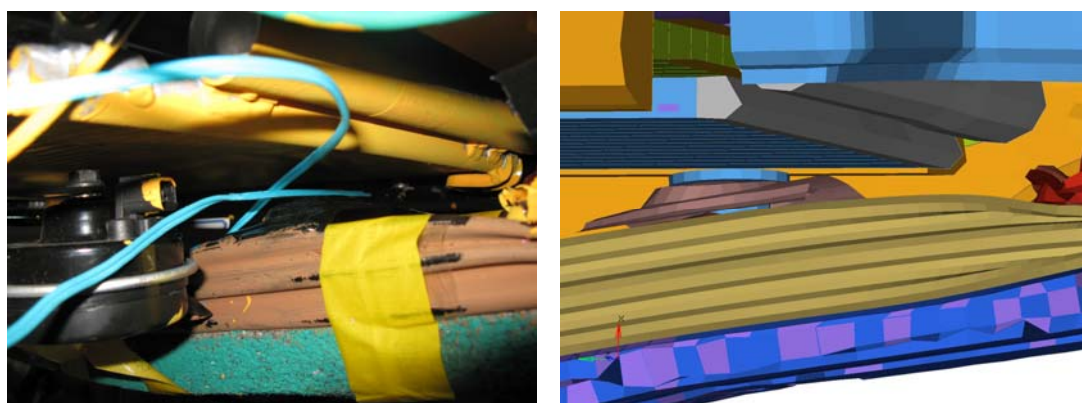


图 3.9 散热器受挤压风险情况比较



图 3.10 吸能盒的变形情况比较

4 相关结构的优化改进

从试验结果看,吸能盒与纵梁前端的刚度不匹配,表现为吸能盒过于刚硬,吸能不足,导致纵梁前端诱导槽处的变形过大,此外需要进一步降低水箱散热器被拖钩孔挤压的风险。同时,为满足高速碰撞(如 640DB 偏置碰撞)的结构完整性等要求,需在高速对 Bumper Beam、Crush-can、纵梁前端封板及连接方式等改进设计的同时,进行相关的低速分析与改进。

4.1 Crush-can 弱化

吸能盒 Crush-can 的弱化,可有减少厚度、降低材料强度等方法:方案一(Case1):厚度由原 2.2mm 减为 2.0mm;方案二(Case2):材料由原来的 H340LAD 降为 H300LAD,两种改进方案与原对标模型的前纵梁塑性应变比较如图 4.1 所示,吸能对比如图 4.2 所示。

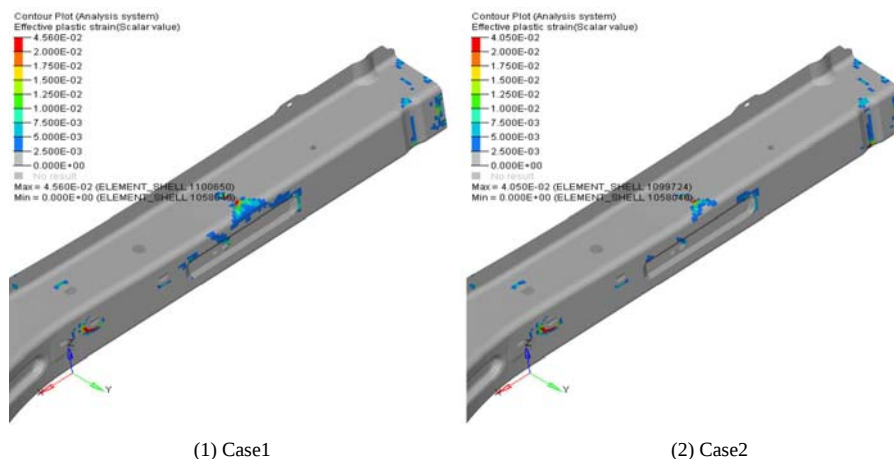


图 4.1 前纵梁塑性应变比较

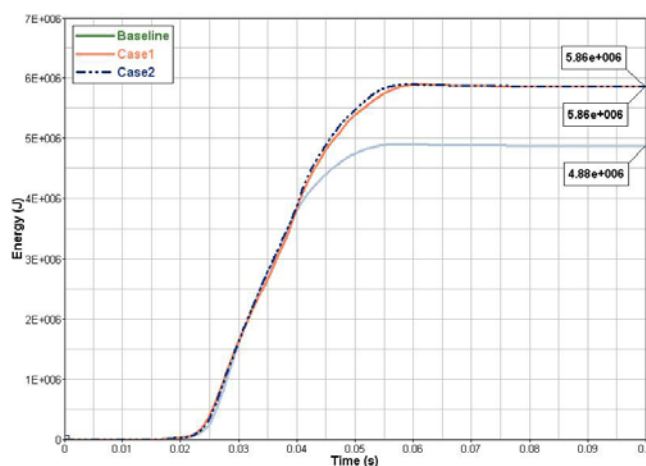


图 4.2 Crush-can 吸能与改进前模型的比较

4.2 拖钩孔位置变动

图 4.3 为前述两种改进方案(Case1 与 Case2)在 CAE 仿真中的水箱散热器被拖钩孔挤压的风险情况。为进一步降低这种风险, 根据 RCAR 试验规程, 撞击侧为驾驶员侧, 因此可将拖钩孔位置由原驾驶员侧更改到乘员侧——右侧(Case3), 以规避 Bumper Beam 上的拖钩孔凸起挤压水箱散热片的可能。

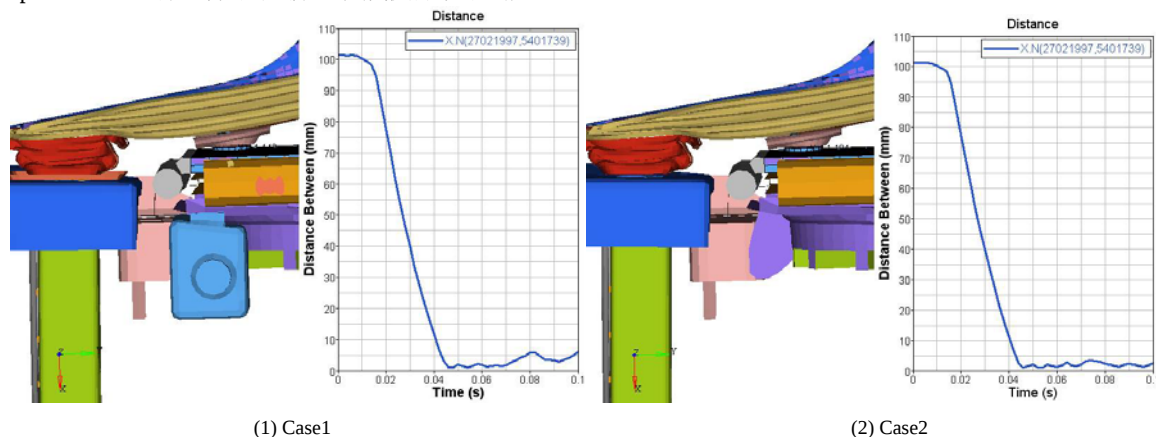


图 4.3 水箱散热器被拖钩孔挤压的风险情况

通过 Crush-can 弱化、拖钩孔位置更改等优化设计后的实车碰撞, 其受撞区变形情况见图 4.5, 可以看到: 保险杠系统 Bumper Beam 与 Foam 变形合理, Crush-can 压缩吸能良好, 散热片与 Bumper Beam 间距较大, 也没有被挤压过的痕迹。其他的一些试验证据也表明了优化设计比原设计结果要好, 前文提出的 RCAR 低速碰撞 CAE 仿真评价指标在本设计改进中得

到了较好应用。

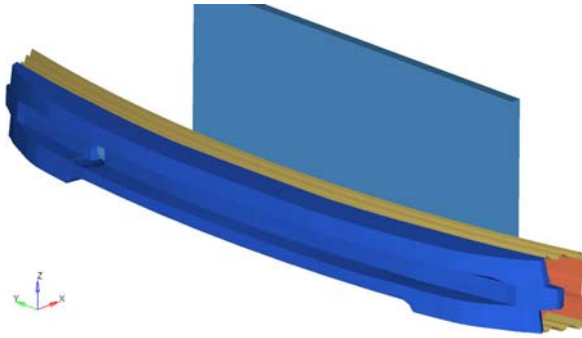


图 4.4 拖钩孔位置由原驾驶员侧更改到乘员侧



图 4.5 优化设计后的实车碰撞受撞区变形情况

5 结论

尽量减少车辆在低速碰撞中的损伤，将损害严格控制在低成本、易维修替换的零部件上，是取得较优的 RCAR 测试结果、提高保险等级的主要策略。为此，应让保险杠系统(吸能盒、保险杠横梁等)充分吸收碰撞能量；确保散热器、大灯等成本较高件不受挤压而损坏；注意吸能盒与纵梁的刚度匹配，防止纵梁发生较大变形；合理设计吸能盒、纵梁及吸能盒与相关封板等连接处的连接方式，防止局部变形过大；损坏件设计成易拆卸结构；在整车开发的造型选型阶段即要考虑 RCAR 测试，如大灯位置等。依据本文提出的 RCAR 低速碰撞 CAE 仿真评价指标，基本上可以满足评估整车在 RCAR 测试时的优劣情况的目标。此外，可以利用仿真技术，结合低速碰撞 CAE 评价指标，对设计进行反复修改、优化结构，在满足相应的 CAE 评价指标后再进行样车制造和试验，以降低开发成本、缩短开发周期。

参考文献

- [1] Issue 2.1, RCAR Test Protocol Angled Barrier[S].
- [2] 岳鹏, 陈现岭, 张凯. 基于 RCAR 的汽车低速碰撞性能设计[C]. 武汉: 2009 中国汽车安全技术国际研讨会论文集. 2009: 188~192
- [3] 章正伟. 保险杠低速碰撞性能仿真研究[J]. 轻型汽车技术, 2006, (11): 8~12