

中国汽车防撞横梁几何特性统计分析

林继梁 马彪 刘倩军 张琳祎 闫万钊 聂康达

中保研汽车技术研究院有限公司, 北京, 中国, 100016

摘要: 本文介绍了当前国内外汽车防撞横梁几何特性的测评规程, 对市场上主流乘用车前/后防撞横梁的几何特性进行了系统的统计和分析。总结了我国主流乘用车防撞横梁几何特性特征, 为今后改进汽车安全性、制订完善相关安全法规以及保险界评估汽车低速事故风险提供了研究支撑。

关键词: 防撞横梁, 保险杠横梁, 几何特性, RCAR, C-IASI

1 引言

截止到 2018 年底, 我国汽车保有量达到了 2.4 亿辆, 其中小型载客汽车保有量达 2.01 亿辆^[1]。汽车在为人们出行和货物流通带来高效、快捷、方便的同时, 也不可避免地带来诸如交通事故频繁发生等社会问题, 导致了大量的人员伤亡和财产损失。在汽车发生低速碰撞事故后, 所造成的车辆损失往往都是由保险公司承担, 因此保险公司迫切需要评估车辆在低速情况下的事故风险。

在车与车碰撞时, 相撞车辆在质量、外形尺寸、结构特点和刚度等方面势必存在一定差异, 这也造成了事故中车辆本身及车上乘员的损伤程度存在着一定差异^[2]。本文通过选取市场上销量较大的车型并获取具体的防撞横梁几何特性, 采用统计学方法, 深入分析了不同车型的防撞横梁几何特性现状和不足, 提出了改进的方向和建议。为今后改进汽车安全性、制订完善相关安全法规以及保险界评估汽车低速事故风险提供了研究参考。

2 国内外汽车低速碰撞标准现状

2.1 国内外标准比较

目前, 针对汽车低速碰撞性能, 各国家和地区都颁布了相应的法规。欧盟自 2006 年修订并实施 RCAR(Research Council for Automobile Repairs, 汽车修理研究协会)的欧洲汽车保险评级通用标准^[3]。2011 年 1 月, RCAR 标准中新增了保险杠低速碰撞的测试评估, 测试结果正式加入到保险等级的评定中, 综合评估车辆的安全等级^[4]。

相比国外较为成熟的 M1 类车的防撞梁测评体系, 国内起步较晚, 目前国家法规方面仅有 1998 年实施的《GB 17354-1998 汽车前、后端保护装置》, 但未涉及几何特性方面的定量规定。除此之外, 仅有中国保险汽车安全指数(CHINA INSURANCE AUTOMOTIVE SAFETY INDEX, C-IASI)涉及到了防撞横梁的测评, 但仅作为监测项, 未正式展开测评。

保险杠测试是用以评价防撞横梁安全性能的好坏, 是为了鼓励整车厂设计足够宽度的防撞梁, 并将其安装在合适的高度, 低速碰撞中车辆能够得到更好的防护^[5]。RCAR 测评体系、C-IASI 测评体系和 GB 17354-1998 中对防撞横梁测试条件如表 1 所示:

表 1.防撞横梁的要求

工况	参数	RCAR	C-IASI	GB17354-1998
静态测试	有效高度	100	100	无
	上表面离地高度	555	555	
	前防撞横梁 下表面离地高度	455	455	
	有效结合尺寸	>75	>75	
	未保护率 (%)	<30%	<30%	
	有效高度	100	100	无
	上表面离地高度	555/505	505	
	后防撞横梁 下表面离地高度	455/405	405	
	有效结合尺寸	>75	>75	
	未保护率 (%)	<30%	<30%	
动态测试	前防撞横梁	——	有	有
	后防撞横梁	——	有	有

2.2 防撞横梁静态测试流程和方法

本文对防撞横梁的静态测试采用的是 C-IASI 测评体系（2017 版）中的方法，该方法是在借鉴 RCAR Bumper Test(2.0)的基础上，结合中国汽车保险与车辆安全技术现状而形成的^[7]。测试流程示意图如图 1 所示：

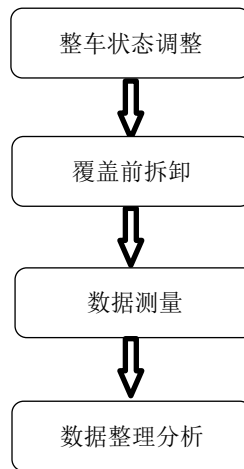


图 1. 防撞横梁静态测试流程示意图

防撞横梁有效高度测量是指拆除防撞横梁上所有可拆的组件（如吸能材料等），用一个接触其侧面的垂直平面来测定，如图2、图3所示。分别在车辆中心点、左/右纵梁前部中心点位置±50mm范围内测量，并取该范围内的最小值。则防撞横梁有效高度=0.5×车辆中心位置测量值+0.25×（左纵梁前部中心位测量值+右纵梁前部中心位测量值）。防撞横梁的有效结合尺寸取决于车辆防撞横梁有效高度与壁障的重叠率^[6]。

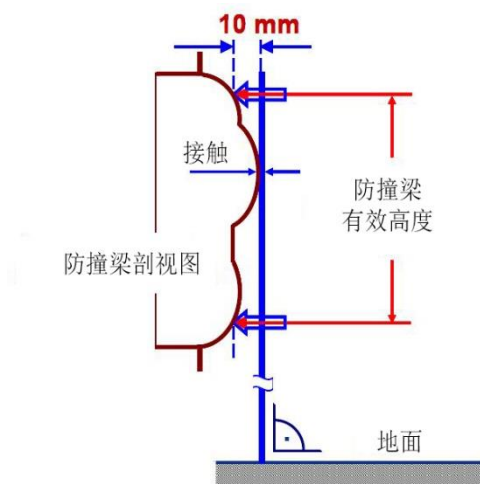


图 2. 防撞横梁有效高度测量[7]



图 3. 防撞横梁测量位置示意图[7]

在防撞横梁的有效结合尺寸 $<75\text{mm}$ 时（如图4），则认为至防撞梁设计不够充分，即使是防撞横梁有效高度 $\geq 100\text{mm}$ ，也会要求开展进一步的测试，也就是动态测试试验。

对于防撞横梁有效宽度，当车辆防撞横梁的末端高度小于其有效高度时，末端的宽度将不会计入防撞横梁的有效宽度尺寸内。防撞横梁宽度及车体宽度如图5所示。

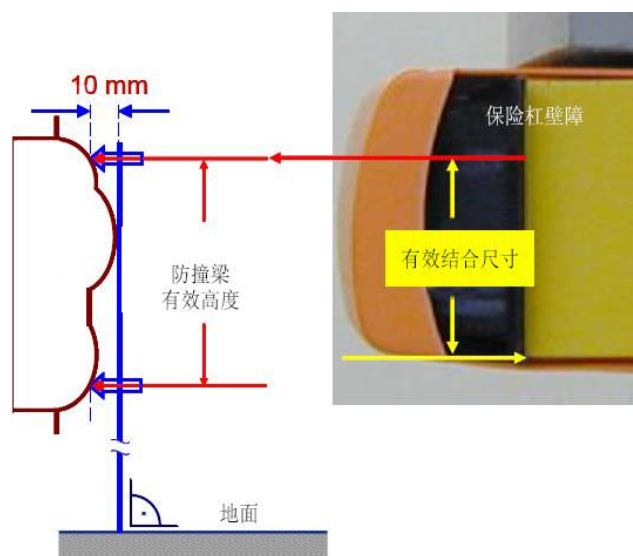


图 4. 防撞梁和壁障的结合尺寸[7]

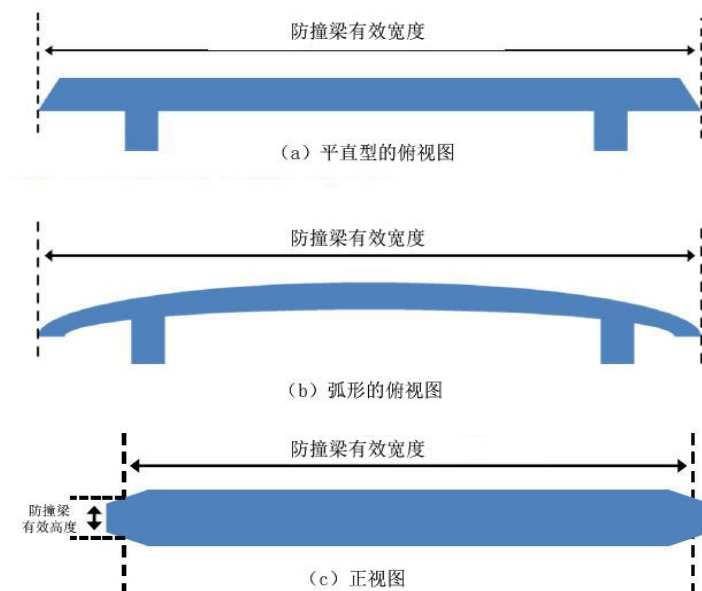


图 5. 保险杠有效宽度测量[7]

3 测试数据统计分析

本文采用C-IASI的测试方法对近年来市场上主流的乘用车的前/后防撞横梁的几何特性进行了较为全面的测量和统计调查，具体几何特性包括：防撞横梁的有效高度、上表面离地高度、下表面离地高度、有效结合尺寸以及未保护率（未保护率=1-防撞横梁有效宽度/整车宽度×100%）等。本次调查车型共计60款，所代表的车系在市场上的占有率在70%以上，基本覆盖了国内主流车型。

3.1前保险杠防撞横梁统计和分布

前保险杠防撞横梁统计结果详见表2-表4：

表 2. 前保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	140.0	尺寸分布	<75	$\geq 75 \leq 125$	>125
		最小值	58.0	样本量	6.0	46.0	8.0
		平均值	101.3	百分比%	10.0	76.7	13.3
上表面离地高度	555	最大值	649.3	尺寸分布	<455	$\geq 455 \leq 555$	>555
		最小值	501.3	样本量	0.0	27.0	33.0
		平均值	564.0	百分比%	0.0	45.0	55.0
下表面离地高度	455	最大值	521.0	尺寸分布	<455	$\geq 455 \leq 555$	>555
		最小值	389.0	样本量	30.0	30.0	0.0
		平均值	461.8	百分比%	50.0	50.0	0.0
有效结合尺寸	>75	最大值	100.0	尺寸分布	<25	$\leq 25 < 75$	>75
		最小值	34.0	样本量	0.0	35.0	25.0
		平均值	70.5	百分比%	0.0	58.3	41.7
未保护率(%)	<30%	最大值	42.4	尺寸分布	<30	$\geq 30 \leq 50$	>50
		最小值	18.0	样本量	11.0	49.0	0.0
		平均值	35.5	百分比%	18.3	81.7	0.0

注：本次调查总样本量为 60 个车型。

从表 2 中我们发现以下几个现状：

1) 前保险杠横梁有效高度的均值为 101.3mm，与 RCAR 法规、C-IASI 中规定保险杠壁障尺寸保持高度的一致。整体表现相对集中，在 75mm-125mm 这个区间内有将近 46 个车型，占到整体样本的 76.7%，这是值得肯定的方面。但是也存在部分车型严重偏离要求值，如有效高度最大值达到 140mm，为壁障尺寸的 1.4 倍，而最小值为 58.0mm，不到壁障尺寸的 0.6 倍。这可能导致碰撞事故中防撞横梁吸能效果大打折扣，增加车辆和人员的损失。

2) 前保险杠横梁上下表面的离地高度的均值与要求基本相同。但是有超 55.0% 的车型的横梁上表面高于 555mm，50% 的车型横梁下表面处于 455mm 以下。结合横梁有效高度的状况，可以看出大部分车型的防撞横梁安装位置偏高或者偏低。安装位置高低不一的两车碰撞时，会严重影响车辆吸能机构的性能发挥，造成比其他车型更严重的车辆和人员损伤。

3) 有效结合尺寸的均值为 70.5mm，仅为最理想的尺寸的 70.5%，且仅有 41.7% 的车型能够达到 75mm 及以上。有效结合尺寸过低，导致两车碰撞中车辆达不到预期的吸能效果。

4) 在防撞横梁有效宽度方面，我们采用未保护率来考量。统计结果表明前防撞横梁仅有 18.3% 的车型能够低于 30%。未保护率过大，增加了两纵梁外侧的零部件的损伤风险，提高了车辆维修成本。在国外保险机构评估车辆安全等级中认为车辆的防撞横梁应该保护好车辆的两侧拐角，当一侧有超 15% 的整车宽度尺寸未被防撞横梁保护时，则认为此防撞横梁是无法接受^[6]。

表 3. 轿车前保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	139.7	尺寸分布	<75	≥75&≤125	>125
		最小值	67.5	样本量	2.0	24.0	5.0
		平均值	102.1	百分比%	6.5	77.4	16.1
上表面离地高度均值	555	最大值	588.3	尺寸分布	<455	≥455&≤555	>555
		最小值	501.3	样本量	0.0	25.0	6.0
		平均值	536.8	百分比%	0.0	80.6	19.4
下表面离地高度均值	455	最大值	459.3	尺寸分布	<455	≥455&≤555	>555
		最小值	389.0	样本量	29.0	2.0	0.0
		平均值	434.1	百分比%	93.5	6.5	0.0
有效结合尺寸	>75	最大值	100.0	尺寸分布	<25	≤25&<75	>75
		最小值	45.8	样本量	0.0	12.0	19.0
		平均值	77.7	百分比%	0.0	38.7	61.3
未保护率(%)	<30%	最大值	41.8	尺寸分布	<30	≥30&≤50	>50
		最小值	18.0	样本量	7.0	24.0	0.0
		平均值	34.4	百分比%	22.6	77.4	0.0

注：本次调查样本中轿车的样本量为 31 个车型。

表 4. SUV 前保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	140.0	尺寸分布	<75	≥75&≤125	>125
		最小值	58.0	样本量	4.0	22.0	3.0
		平均值	100.5	百分比%	13.8	75.9	10.3
上表面离地高度均值	555	最大值	649.3	尺寸分布	<455	≥455&≤555	>555
		最小值	547.8	样本量	0.0	2.0	27.0
		平均值	593.0	百分比%	0.0	6.9	93.1
下表面离地高度均值	455	最大值	521.0	尺寸分布	<455	≥455&≤555	>555
		最小值	445.0	样本量	1.0	28.0	0.0
		平均值	491.4	百分比%	3.4	96.6	0.0
有效结合尺寸	>75	最大值	93.3	尺寸分布	<25	≤25&<75	>75
		最小值	34.0	样本量	0.0	23.0	6.0
		平均值	62.8	百分比%	0.0	79.3	20.7
未保护率(%)	<30%	最大值	42.4	尺寸分布	<30	≥30&≤50	>50
		最小值	22.6	样本量	4.0	25.0	0.0
		平均值	36.8	百分比%	13.8	86.2	0.0

注：本次调查样本中 SUV 的样本量为 29 个车型。

对比分析表 3 和表 4 中轿车和 SUV 的统计分布，有以下发现：

1) 前保险杠有效高度方面，轿车和 SUV 车型处于 75mm-125mm 的车型数量占比基本一样，都是达到了 75%以上的比率。但是在小于 75mm 的区间中，SUV 车型 13.8%的占比远高于轿车，这近乎达到轿车 6.5%占比的 2 倍。

2) 从两者防撞横梁上下表面离地高度的分布中，可以很明显看出在安装位置这一特性上轿车和 SUV 出现了两个不同的方向。轿车防撞横梁的安装高度整体上低于 SUV。这可能导致轿车与 SUV 发生碰撞时，出现轿车

钻入 SUV 下部的现象，两个车辆吸能结构都不能完全起作用，对车辆及乘员造成很大的伤害。

3.2 后保险杠防撞横梁统计和分布

统计结果详见表 5-表 7：

表 5. 后保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	162.4	尺寸分布	<75	≥75&≤125	>125
		最小值	42.4	样本量	16.0	28.0	16.0
		平均值	89.7	百分比%	26.7	46.6	26.7
上表面离地高度	505	最大值	658.3	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	462.5	样本量	0.0	12.0	48.0
		平均值	550.6	百分比%	0.0	20.0	80.0
下表面离地高度	405	最大值	546.0	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	380.4	样本量	5.0	46.0	9.0
		平均值	459.7	百分比%	8.3	76.7	15.0
有效结合尺寸	>75	最大值	98.7	尺寸分布	<25	≤25&<75	>75
		最小值	0.0	样本量	19.0	31.0	10.0
		平均值	42.7	百分比%	31.7	51.6	16.7
未保护率(%)	<30%	最大值	43.6	尺寸分布	<30	≥30&≤50	>50
		最小值	27.6	样本量	3.0	57.0	0.0
		平均值	37.6	百分比%	5.0	95.0	0.0

注：本次调查总样本量为 60 个车型。

从表 5 中我们发现以下几个现状：

1) 后保险杠有效高度的均值仅为 89.7mm，相对于 RCAR 体系和 C-IASI 体系中规定的尺寸偏小。75mm-125mm 区间内只有 28 个车型，不到样本总数的一半。而异常偏离的车型数量占据了 53.4%。其中最大值达到了 162.4mm，为壁障尺寸的 1.6 倍，最小值为 42.4mm，为规定尺寸的 0.4 倍，偏离程度也远大于前保险杠。更加容易影响车辆吸能性能的发挥，增加车辆和人员的损伤风险。

2) 防撞横梁上下表面的离地高度方面，有近 80% 的车型该两项均值分别超过上下表面标准高度 50mm 以上，且绝大部分车型的防撞横梁上下表面位置都处于超高状态。由此可以预见，在发生追尾事故时，后车发生钻入的概率将会远远大于其他车型钻入的概率。也给事故双方增加了额外的损失和不利的安全风险。

3) 有效结合尺寸的均值为 42.7mm，仅为最理想的尺寸的 42.7%，而且仅有 16.7% 的车型能够达到 75mm 及以上。有效结合尺寸不足，会影响到车辆吸能性能发挥，增加车辆和人员损伤的风险。

4) 在防撞横梁有效宽度方面，90% 以上的车型未保护率维持在 30%-50% 之间，仅有 5.0% 的车型能够低于 30%，即在 60 个车型当中有且仅有 3 个车型的防撞横梁能够防护车身宽度的 70% 以上。有效宽度不足，导致的结果就是将车辆前后端、左右纵梁外侧的重要零部件在碰撞事故中直接参与吸能，增加了车辆的损失，提高了车辆的维修成本。特别是在目前 RCAR 测评体系与保费有一定关联，C-IASI 测评体系对外公布维修成本时，或直接或间接的影响了消费者的购车倾向。

表 6. 轿车后保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	162.4	尺寸分布	<75	≥75&≤125	>125
		最小值	42.4	样本量	10.0	11.0	10.0
		平均值	84.3	百分比%	32.3	35.4	32.3
上表面离地高度均值	505	最大值	592.0	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	462.5	样本量	0.0	12.0	19.0
		平均值	520.0	百分比%	0.0	38.7	61.3
下表面离地高度均值	405	最大值	492.0	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	380.4	样本量	5.0	26.0	0.0
		平均值	433.9	百分比%	16.1	83.9	0.0
有效结合尺寸	>75	最大值	98.7	尺寸分布	<25	≤25&<75	>75
		最小值	13.8	样本量	4.0	17.0	10.0
		平均值	60.9	百分比%	12.9	54.8	32.3
未保护率(%)	<30%	最大值	42.2	尺寸分布	<30	≥30&≤50	>50
		最小值	27.6	样本量	3.0	28.0	0.0
		平均值	36.9	百分比%	9.7	90.3	0.0

注：本次调查轿车的样本量为 31 个车型。

表 7. SUV 后保险杠横梁几何尺寸统计

统计对象	标准要求	统计值		统计分布			
有效高度	100	最大值	135.0	尺寸分布	<75	≥75&≤125	>125
		最小值	51.8	样本量	6.0	17.0	6.0
		平均值	95.3	百分比%	20.7	58.6	20.7
上表面离地高度均值	505	最大值	658.3	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	538.3	样本量	0.0	0.0	29.0
		平均值	583.4	百分比%	0.0	0.0	100.0
下表面离地高度均值	405	最大值	546.0	尺寸分布	<405	≥405&≤505	>505
		最小值	447.3	样本量	0.0	20.0	9.0
		平均值	487.3	百分比%	0.0	69.0	31.0
有效结合尺寸	>75	最大值	55.4	尺寸分布	<25	≤25&<75	>75
		最小值	0.0	样本量	15.0	14.0	0.0
		平均值	23.3	百分比%	51.7	48.3	0.0
未保护率(%)	<30%	最大值	43.6	尺寸分布	<30	≥30&≤50	>50
		最小值	30.2	样本量	0.0	29.0	0.0
		平均值	38.3	百分比%	0.0	100.0	0.0

注：本次调查 SUV 的样本量为 29 个车型。

对比分析表 6 和表 7 中轿车和 SUV 的统计分布，有以下发现：

1) SUV 的防撞横梁有效高度明显要好于轿车，在轿车中 75mm 以上的车型仅占 7 成，而 SUV 中有将近 80% 的车型达到这一要求。且在 75mm-125mm 的区间内，SUV 的车型占比远大于轿车。

2) 防撞横梁上下表面位置处于超高状态的车型，在 SUV 车型当中尤为突出。SUV 车型防撞横梁上下表面离地高度均值分别高达 583.4mm 和 487.3mm，超出标准值 15.5% 和 20.3%。有近 31% 的 SUV 车型的防撞横梁的

下表面离地高度超过标准的上表面高度。这虽可能与 SUV 自身尺寸有关,但是防撞横梁不是位置越高就好,而是应当考虑与其他车型的结合尺寸的大小。在上表中轿车的结合尺寸均值为 60.9mm, 32.3%的车型的结合尺寸在 75mm 以上。SUV 其结合尺寸均值仅为 23.3mm, 51.7%的车型都在 25mm 以下。

碰撞事故中防撞横梁有效高度过大或过小, 安装位置高低不一, 都会影响到结合尺寸的大小, 最终影响防撞横梁发挥的效果。厂家付出了成本, 消费者未得到相应的保护, 保险公司本应小事故小损伤小赔付, 却成了小事故大损伤高赔付。因此, 建议无论是轿车生产厂家还是 SUV 生产厂家, 在设计防撞横梁几何特性时, 不应只考虑单车的因素, 应该将其纳入整个交通环境中, 这样设计出来的防撞横梁才能充分发挥作用。

4 结论

通过对我国市场上主流车型的防撞横梁几何特性数据分析可知:

1) 前后防撞横梁有效高度不足, 特别是后防撞横梁的尺寸, 今后需引导企业增大防撞横梁的有效高度。有效高度不足可能导致与其他车型碰撞时, 因安装位置的差别, 造成过重的损失, 也有可能也会导致在事故中吸能不够, 致使人员出现损伤。

2) 防撞横梁安装位置参差不齐, 安装位置标准缺失, 需尽快形成相应的标准法规, 以便形成统一的安装位置, 更好的减轻碰撞特别是低速碰撞情况下的损失。只有两车的防撞横梁安装位置保持一致时, 两车的主要吸能部件才能更好的作用, 发挥出最大的吸能作用, 也建议国家或者行业直接参照 RCAR 或者 C-IASI 的标准进行, 这也有利于与国际接轨, 有助于降低企业进行全球车型开发的成本。

3) 防撞横梁有效宽度严重不够, 市场上仅有个别车型能够防护车宽的 70%及以上, 低速碰撞事故, 特别是小重叠事故中零部件受损的风险。对企业、消费者、保险公司均产生或直接或间接的不利影响。

因此, 希望针对汽车防撞横梁的相关标准法规的研究和开发能够得到重视, 尽早出台相应的国家或行业标准, 以便督促企业进行更好的设计, 同时也能降低企业新车型特别是全球车型的开发成本, 更好的保障消费者的安全以及减轻车辆损失。

参考文献 (References)

- [1] 蒋菱枫.2018 年全国小汽车保有量首次突破 2 亿辆[EB/OL].中华人民共和国公安部官网.<http://www.mps.gov.cn/n2254098/n4904352/c6354939/content.html>.2019-1-12.
- [2] 商博, 许伟, 乐中耀.汽车碰撞兼容性的影响因素及测试方法分析[J]. 汽车安全与节能学报. 2012,3(3),232-238.
- [3] Research Council for Automobile Repairs. RCAR Test Protocol 2.1 [S]. London, 2006-09.
- [4] Research Council for Automobile Repairs. RCAR Bumper Test Issue 2.0 [S]. London, 2010-09.
- [5] 孙晴, 高保才, 陈现岭, 等.基于 RCAR 的保险杠低速碰撞的分析与应对措施[J]. 汽车安全与节能学报. 2012,3(4),332-338.
- [6] Research Council for Automobile Repairs. RCAR Bumper Test Issue 2.1 [S]. 2018-02.
- [7] 中国保险汽车安全指数管理中心. 耐撞性与维修经济性指数试验规程(2017 版)[S]. 2017-07.