

Study of Side Impact for 2018 Version C-NCAP

Wang Yue¹, Xiao Haitao¹, Zhang Haiyang¹, Zhou Dayong^{1, 2}, Liu Weiguo^{1, 2}

¹Zhejiang Geely Automobile Institute, Xiaoshan, Hangzhou 311228

²Zhejiang Key Laboratory of Automobile Safety Technology, Hangzhou, Zhejiang 311228

Email: wangyue@geely.com

Abstract: According to development tendency of 2018 version C-NCAP, side impact was studied in this paper, including the difference of side dummy and principle of sensor. The body structure and dummy change effect occupant injury by test. The target of side crashworthiness was summarized base on different vehicle type side crash test. B pillar deformation require below 120mm, and intrusion velocity control below 7.5m/s. It supplies conference for new vehicle development. (Times New Roman, 10-point, 100-150 words)

Keywords: side impact, body structure, side dummy, World SID, ES2.

针对 2018 版 C-NCAP 侧面碰撞分析研究

王月¹, 肖海涛¹, 张海洋¹, 周大永^{1,2}, 刘卫国^{1,2}

1. 浙江吉利汽车研究院有限公司杭州萧山 311228;

2. 浙江省汽车安全技术重点实验室浙江杭州 311228

Email: wangyue@rd.geely.com

摘 要: 本文针对 2018 版 C-NCAP 的发展趋势对侧面碰撞工况的变化进行了分析, 包括侧碰假人的差异和其传感器的原理, 并通过试验验证了车身结构和假人变化对乘员伤害产生的影响, 通过不同车型的试验给出了侧碰的结构耐撞性目标, 即: B 柱侵入量控制在 120mm 以内, 侵入速度控制在 7.5m/s 以内, 此目标为新车型的开发提供了参考。

关键词: 侧面碰撞, 车身结构, 侧碰假人, World SID, ES2.

1 引言

近年来, 随着汽车数量的增加, 交通事故的发生也随之增多, 因此提高汽车安全性降低交通事故是设计者的重要任务^[1]。交通事故的类型很多, 包含正面碰撞、侧面碰撞和追尾等。由于我国城市道路的交叉路口以平面交叉为主, 所以侧面碰撞事故发生概率也很高, 据统计, 各类碰撞事故发生的比例如图 1。从图可以看出侧面碰撞事故发生的概率相对较高。现如今, 由于对车辆的安全性能的要求越来越高, 因此在车辆的开发中对汽车碰撞安全性能的考察要求越来越严格。新车评价规程 (C-NCAP) 每三年进行一次调整, 碰撞试验工况要求也进行改进。目前实施的 2015 版规程在侧面碰撞工况较 2012 版未发生变化, 但 2018 版新车评价规程 (C-NCAP) 将在此基础上进行调整。

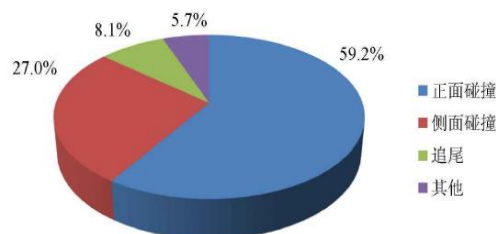


图 1. 不同工况事故发生情况^[2]

2 2018 版 C-NCAP 侧碰工况变化分析

2015 版 C-NCAP 侧碰规定：移动壁障行驶方向与试验车辆垂直，移动壁障中心线对准试验车辆 R 点，碰撞速度为 50+1km/h（试验速度不得低于 50km/h），移动壁障的纵向中垂面与试验车辆上通过碰撞侧前排座椅 R 点的横断垂面之间的距离应在±25mm 内。在驾驶员位置放置一个 EuroSID II 型假人，用以测量驾驶员位置受伤害情况。在第二排座椅被撞侧放置 SID-II_s（D 版）假人，用以测量第二排人员受伤害情况。而 2018 版 C-NCAP 在此基础上进行了改进包括实验方法和假人的情况^[3]，具体对比见下表 1 所示：模板仅针对采用 A4 幅面的会议论文。2015 版 C-NCAP 侧碰规定：移动壁障行驶方向与试验车辆垂直，移动壁障中心线对准试验车辆 R 点，碰撞速度为 50+1km/h（试验速度不得低于 50km/h），移动壁障的纵向中垂面与试验车辆上通过碰撞侧前排座椅 R 点的横断垂面之间的距离应在±25mm 内。在驾驶员位置放置一个 EuroSID II 型假人，用以测量驾驶员位置受伤害情况。在第二排座椅被撞侧放置 SID-II_s（D 版）假人，用以测量第二排人员受伤害情况，而 2018 版 C-NCAP 在此基础上进行了改进包括实验方法和假人的情况^[3]，具体对比见下表 1 所示：

表 1.不同参数对比

主要技术指标	2018 版新壁障性能参数	2015 版性能参数
台车质量	1400kg	950kg
台车宽度	1726mm	1500mm
防撞梁下端高度 a1	400mm	300mm
防撞梁上端高度 a2	600mm	550mm
前端前减震器高度 a3	861mm	800mm
防撞梁中心高度 (a1+a2)/2	500mm	450mm
假人	WORLD SID	SID II _s
前端吸能壁障	AE-MDB V3, 9	EEVC-2000
实验撞击点	R+250mm	R



图 2. 实验壁障示意图

实验方法变化：从表 1 可以看出 2018 版 C-NCAP 侧碰考察更为严格，台车重量较 2015 版增加 450kg，壁障的离地高度较 2015 版抬高 100mm，原来碰撞中如果门槛可以对侧碰有支撑作用，现在基本主要靠 B 柱来支撑；试验的撞击点由原来的 R 点向后调整了 250mm，对后排假人的考核指标相对增加；总体上分析，侧面开发的难度增加。

假人变化：2015 版侧碰采用的假人为 EuroSID II 假人，2018 版计划采用 World SID 假人，两种假人差别如下图 3，其中绿色为 EuroSID II 假人，蓝色为 World SID 假人，EuroSID II 假人相对于 World SID 假人的高度略高，其肩部高度相差 100mm 左右，World SID 假人的肋骨、腹部及髋部均相对较宽，肋骨及腹部宽度分别相差 15、40mm。

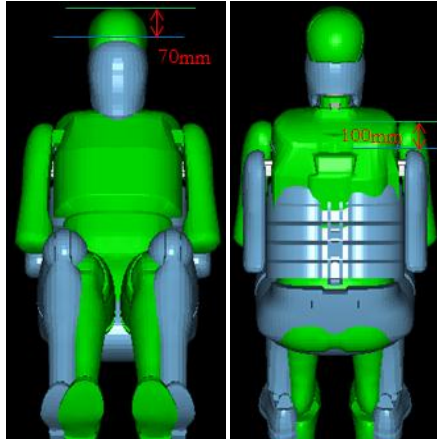


图 3. 假人外形尺寸前后比较

假人伤害指标变化：如下表 2 所示，对假人伤害指标的评价也存在差异。同时整体得分情况由原来的 18 分调整为 20 分，前后排权重 4:1，即前排 16 分，后排 4 分，其中头部 1 分、胸部 1 分、腹部 1 分、骨盆 1 分。

表 2. 不同假人评价指标差异^[4,5]

	World Sid Dummy	ES2 Dummy
Head	HIC36: 650-1000 3ms 合成加速度: 72-88g(MDB) 合成加速度峰值: <80g(POLE) 压缩量:	HIC36: 650-1000 3ms 合成加速度: 72-88g
	28-50mm(MDB) $V \cdot C \geq 1\text{m/s}$, 假人胸 部得分为 0 分 压缩量: 47-65mm	压缩量: 22-50mm $V \cdot C: 0.32-1\text{m/s}$
Abdomen	$V \cdot C \geq 1\text{m/s}$, 假人腹 部得分为 0 分	腹部合力: 1-2.5kN
Pelvis	耻骨力: 1.7-2.8kN	耻骨力: 3-6kN
Shoulder	$F_y \geq 3\text{kN}$, 假人胸部得 分为 0 分	——
Back plate	——	$F_y \geq 1\text{kN}$, 假人胸部被 罚分; $F_y \geq 4\text{kN}$, 假人胸部得 分为 0 分 $F_y \geq 1.5\text{kN}$, 假人胸部 被罚分; $F_y \geq 2\text{kN}$, 假人胸部得 分为 0 分
	——	$M_x \geq 150\text{Nm}$, 假人胸 部被罚分; $M_x \geq 200\text{Nm}$, 假人胸 部得分为 0 分
T12	——	——

3 试验研究

3.1 侧碰耐撞性分析研究

针对某款现有车型分别采用 2015 版和 2018 版 C-NCAP 侧碰壁障进行测试，试验后整车变形情况如下图 4 所示：由于 AE-MDB 撞击点后移 250mm，前车门靠近 A 柱区域变形减小，但 B 柱位置更接近撞击的中心位置，B 柱受力更大，因此 B 柱的侵入量和侵入速度明显增加。同时由于壁障的整体尺寸及台车的重量增加，碰撞侧受到撞击的区域增大，台车的初始动能也增加，因此后车门及 C 柱附件均出现较大变形侵入及较大的侵入速度。



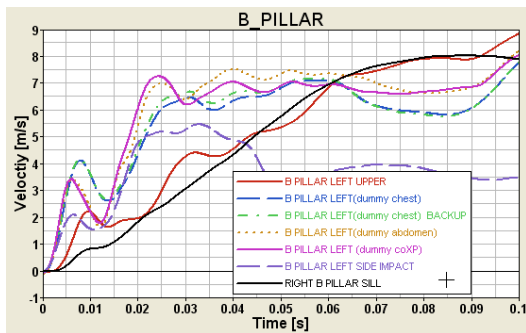
(a) AE-MDB



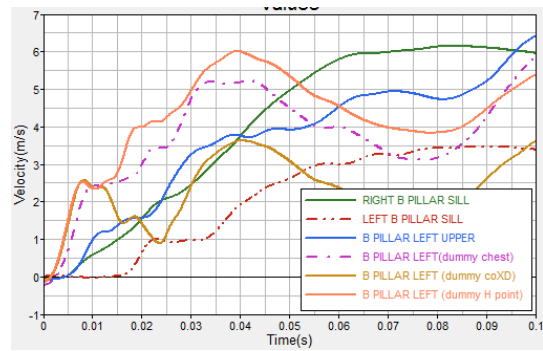
(b) MDB

图 4. 不同侧碰壁障试验后变形情况

侧面结构关键位置侵入量及侵入速度具体情况如下表 2 所示；



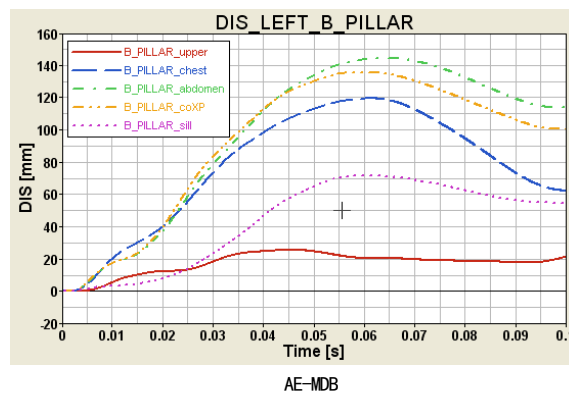
(a) AE-MDB



(b) MDB

图 5. 不同侧碰壁障 B 柱侵入速度变化

从图 5 可以看出，AE-MDB 壁障侵入速度最大为 7.5m/s（侧面碰撞主要考察 0~60ms 之间的变化），而 MDB 壁障最大侵入速度为 6m/s，最大侵入速度增加 1.5m/s，侵入速度最大位置均在假人的胸部和腹部区域。



AE-MDB

图 6. AE-MDB 侧碰壁障 B 柱侵入量变化

从图 6 可以看出，前车门 AE-MDB 壁障的最大侵入速度为 8m/s，而 MDB 最大侵入速度为 6.4m/s，最大侵入速度在对应假人腹部高度位置，增加约 20%左右。

表 2.不同碰撞壁障试验结果

位置	AE-MDB		MDB	
	侵入量(mm)	侵入速度(m/s)	侵入量(mm)	侵入速度(m/s)
B 柱顶部	26	7.0	10	4.9
B 柱-胸部	119	7.1	61	5.2
B 柱-腹部	144	7.5	20	3.6
B 柱-H 点	136	7.2	96	6
B 柱下	72	7.2	46	3.5
前车门-腰线	111	7.2	60	6.1
前车门-腹点	151	8.0	69	6.4
前车门-H 点	128	7.1	83	6.1

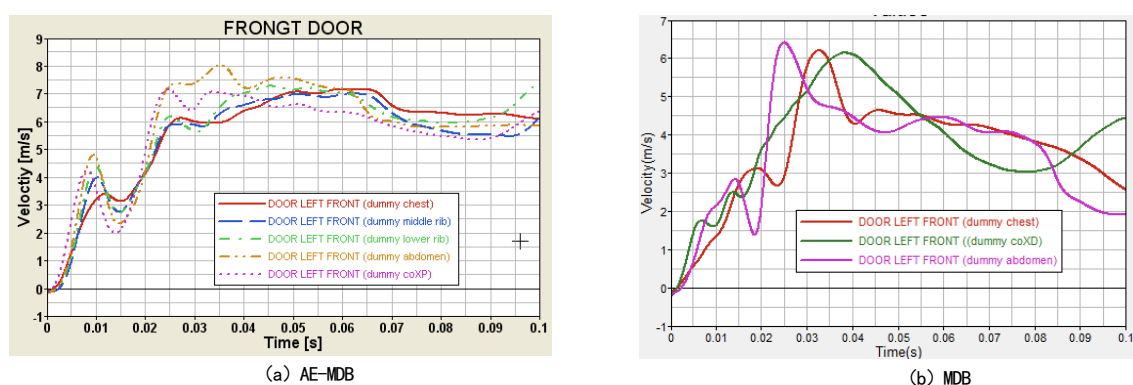


图 7 不同侧碰壁障B柱侵入速度变化

从表 2 可以看出,碰撞壁障改变,分析的结果会出现很大的差别;更换 2018 版大壁障,侵入量和侵入速度明显增加且均超过前期侧碰的安全目标要求,对乘员的伤害风险增大。分析其主要原因在于侧碰壁障重量增加,碰撞能量增加;根据能量计算公式:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

$$m=1400\text{kg}, v=50\text{km/h}$$

侧碰台车能量为 135.05kJ,较 2015 版增加 47.3%,同时壁障高度抬高,门槛对侧碰的支撑作用减小,侧碰主要依靠 B 柱的支撑作用,因此侧碰的侵入量和侵入速度明显增加。

3.2 侧碰假人伤害分析研究

3.1.1 试验得分情况

从表 3、4 假人得分情况看,AE-MDB 壁障和 MDB 壁障假人得分均为满分。因为两种壁障所用假人发生了变化,且对假人的伤害评估方式均发生了变化。虽然侧面整体的侵入增加很大,但对前排假人的伤害情况影响不大,后排的假人得分考察项增加,需对后车门对应假人关键位置侵入情况加以控制。

表 3.AE-MDB 壁障碰撞假人得分情况

	位置	测量项	单位	得点			结果	得分	各项得分
前排	头	HPC15	-	4	500	700	49.9	4.00	4.00
		头部 3msG	g		72	88	26.88	4.00	
		上肋压缩量	mm				16.3	4.00	
	胸	中肋压缩量	mm	4	28	50	15.6	4.00	4.00
		下肋压缩量	mm				18.1	4.00	
		上肋 V * C	m/s				0.4	0.00	
	修正	中肋 V * C	m/s	-4	1		0.31	0.00	4.00
		下肋 V * C	m/s				0.31	0.00	
		肩部力	KN		3	2.19	0.00		
	腹	位移 1	mm	4	47	65	18.9	4.00	4.00
		位移 2	Nm	4	47	65	16.1	4.00	
		V * C	m/s	-4	1	0.32	4.00		
	修正	V * C	m/s	4	1	0.35	4.00	4.00	
		骨	受力	KN	4	1.7	2.8		0.83
		前排总分				16.00		100%	
后排		HIC15			500	700	14.6	1	1
	头部	压缩量	Mm	1	31	41	42		
	胸部	VC	M/s			1	1.02	0	0
	腹部	压缩量	Mm	1	45	59	1	1	1
		VC	M/s			1	0.47		
	骨盆	耻骨力	KN	1	3.5	5.5		1	1.00
	后排总分				4.00		75%		3.00
	总得分						19.00		

3.1.2 假人传感器原理分析

由于 AE-MDB 碰撞前排采用 World SID 假人，而 MDB 碰撞前排采用 ES 2 假人，不同假人传感器机理存在差异：

胸部传感器：World SID 假人胸部压缩量传感器连接肋骨与支撑板，采用伸缩轴式连接；加速度传感器处于压缩量传感器上部。如下图 8 所示；World SID 假人肋骨分为左右两部分，各部分中的每根肋骨均配备压缩量传感器及加速度传感器，碰撞发生时肋骨受力变形，压缩量传感器测得肋骨变形量，该值更为准确。

ES 2 假人胸部压缩量传感器连接每根肋骨的左右侧，从而测量肋骨变形量；加速度传感器处于压缩量传感器附近，如图 8 所示；ES 2 假人的肋骨压缩量传感器连接整根肋骨的左右两侧，肋骨受力变形时测得变形量，但 ES 假人的肋骨为整根，对压缩量不是很敏感。**腹部传感器：**World SID 假人腹部压缩量传感器连接肋骨与支撑板，采用伸缩轴式连接；加速度传感器处于压缩量传感器上部。腹部传感器作用形式及伤害机理与肋骨部位相同，用于测量 World SID 假人腹部压缩量及加速度值。图 9 为 ES2 与 WorldSID 胸腹区域比较。

表 4.MDB 壁障碰撞假人得分情况

	位置	测量项	单位	得点		结果	得分	各项得分	
前排	头	HPC36	-	4	650	1000	18	4.00	4.00
		头部 3msG	g		72	88	15.3	4.00	
		上肋压缩量	mm				13	4.00	
		中肋压缩量	mm		22	42	12	4.00	
		下肋压缩量	mm				14.3	4.00	
	胸	上肋V * C	m/s	4			0.06	4.00	4.00
		中肋V * C	m/s		0.32	1	0.04	4.00	
		下肋V * C	m/s				0.04	4.00	
		背板力Fy	k N		1	4	0.18	0.00	
	T12	Fy	k N	-2	1.5	2	0.54	0.00	0.00
		Mx	Nm		150	200	36	0.00	
	腹	压缩力	k N	4	1	2.5	0.27	4.00	4.00
	骨	受力	k N	4	3	6	1.01	4.00	4.00
	合计总分					16.00		100%	16.00
后排	头部	HIC15		1	500	700	14.6	1	1.00
	骨盆	耻骨力	kN	1	3.5	5.5		1	1.00
	合计总分				2.00		100%	2.00	
	总得分						18.00		

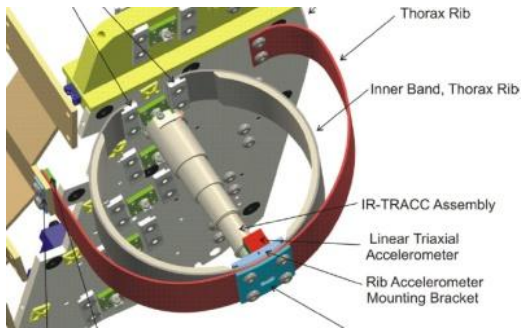


图 8. World SID 假人胸部传感器布置位置

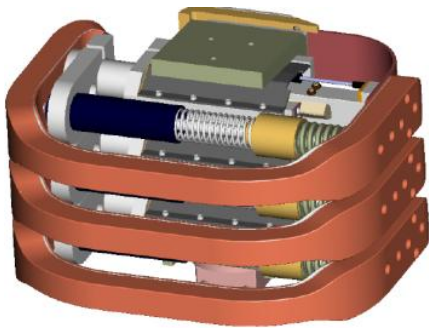


图 9. ES 2 假人胸部传感器布置位置

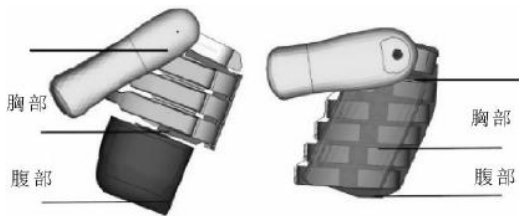


图 10 ES2(左) 与 WorldSID(右) 胸腹区域比较

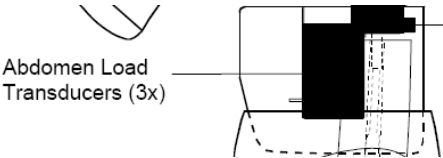


图 11. ES 2 假人腹部传感器布置位置

ES 2 假人测量腹部力值传感器处于腹部中间位置，与假人背板相连。ES 假人腹部力值传感器布置于假人腹部的前、中、后位置，假人腹部受力时，力值传感器记录假人腹部前、中、后三个位置的力值，从而计算假人腹部的所有受力情况。

4 结构耐撞性目标制定

通过对不同车型进行 AE-MEB 试验初步制定出侧面结构耐撞性结构安全目标，为新车型开发提供技术参考。由于侧面碰撞与车辆的轴距具有一定的关系，如果轴距较小，则采用 AE-MDB 壁障，C 柱对壁障具有一定的支撑作用，因此对控制碰撞的侵入量和侵入速度均有较大的帮助；如果车辆的轴距较大，则 C 柱不在撞击区域内，则碰撞的侵入量和侵入速度均较大。因此在开发中要结合车型的实际情况制定侧面碰撞的目标。

本文试验选取的车型（C）C 柱具有一定的支撑作用，而 A、B 车型 C 柱并未起到支撑作用。因此在制定目标时建议轴距较小的 B 柱侵入速度控制在 7.5m/s。

表 5.不同车型 AE-MDB 碰撞侵入情况

位置	A 车型		B 车型		C 车型	
	侵入量	侵入速度	侵入量	侵入速度	侵入量	侵入速度
B 柱顶部	26	7.0	21	6.1	28	5.3
B 柱-胸部	119	7.1	107	6.8	102	6.5
B 柱-腹部	144	7.5	124	7.2	105	6.5
B 柱-H 点	136	7.2	118	7.4	93	7.7
B 柱下	72	7.2	25	4.4	80	6.8
前车门-腰线	111	7.2	173	7.9	64	6.1
前车门-腹点	151	8.0	182	8.0	89	7.1
前车门-H 点	128	7.1	155	7.6	96	7.4

表 6.不同车型侧面碰撞侵入目标

目标项	MDB	AE-MDB
B 柱最大侵入量	小于 100mm	小于 120mm
B 柱-门槛位置侵入量	小于 80mm	小于 80mm
前车门-胸部	80mm	100mm
前车门-腹部	100mm	120mm
前车门-髋部	100mm	140mm
B 柱-头部侵入速度	小于 5m/s	小于 7m/s
B 柱-胸部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s
B 柱-腹部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s
B 柱-髋部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s
B 柱-门槛	小于 7m/s	小于 7.5m/s
前车门-胸部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s
前车门-腹部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s
前车门-髋部侵入速度	小于 7m/s	小于 7.5m/s

5 结论

本文从 C-NCAP 的发展趋势对 2018 版 C-NCAP 侧面碰撞的要求进行了分析研究,并针对试验要求的变化通过实车试验进行研究,初步制定了结构开发的目标,为其他车型开发提供参考,得出结论如下:

(1) 2018 版 C-NCAP 侧碰考察更为严格,台车重量较 2015 版增加 450kg,壁障的离地高度较 2015 版抬高 100mm,原来碰撞中如果门槛可以对侧碰有支撑作用,现在基本主要靠 B 柱来支撑;试验的撞击点由原来的 R 点向后调整了 250mm;总体上分析,侧面开发的难度增加。

(2) 从试验角度分析了不同假人的得分情况,同时也从传感器的布置及传感器的原理方面分析了 World SID 假人得分相对较为容易;

(3) 根据试验初步制定了 2018 版侧面碰撞的结构目标:如果 C 柱可以起到作用,B 柱侵入量控制在 120mm 以内,侵入速度控制在 7.5m/s,车门侵入最大控制在 140mm 以内,侵入速度控制在 7.5m/s;如果轴距较大,C 柱起不到支持作用,建议在此基础上根据侧面空间情况适当调整相应目标,在保证后排假人空间的情况下同时控制后车门的侵入量。

致谢

感谢吉利汽车研究院各位同事的给予的支持与帮助。

参考文献

- [1] 李伯栋. 简化车身 B-立柱结构参数的抗弯曲冲击特性研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007.
- [2] 钟阳.SUV 侧面碰撞仿真分析及 B 柱优化设计研究[D].华南理工大学.2010,1-2.
- [3] 朱海涛。C-NCAP 会议[J].中国汽车技术研究中心。2016。
- [4] C-NCAP 管理规范 (2015 版)。中国汽车技术研究中心
- [5] 朱海涛, 李向荣.王凯. 中美侧面碰撞标准中假人性能的比较 [J]. 汽车工程师, 2009(6) .
- [6] 李丽. 朱西产, 马志雄. 基于 Madymo 的 WorldSID 与 ES2 假人性能比较[J]. 佳木斯大学学报(自然科学版).2013.11.31(6):822~828