

# Research on Injury value of ES-2 Dummy for Side Crash

Zhang Qian<sup>1</sup>, Xu Tao<sup>2</sup>

1. Shanghai Eastlong Motor Airbag Co., LTD, Shanghai, 201201; 2. Shanghai Eastlong Motor Airbag Co., LTD, Shanghai, 201201

**Abstract:** Through 29 times 50km/h side moving deformable barrier crash test data, analysis of one side impact dummy parts of the evaluation of the injury situation, and the movement inside the vehicle occupant to make an analysis of the process. Meanwhile, for the larger injury rate T12 made a key research and and put forward suggestions for improvement.

**Keywords:** side impact, injury value, T12

## 侧面碰撞假人各部位伤害值研究

张茜<sup>1</sup>, 徐涛<sup>2</sup>

1. 上海东方久乐汽车安全气囊有限公司, 上海, 201201; 2. 上海东方久乐汽车安全气囊有限公司, 上海, 201201

**摘要:** 通过 29 次 50km/h 侧面可变形移动壁障的碰撞试验数据, 分析了侧面碰撞中假人各评价部位的伤害情况, 并对车内乘员的运动过程做出了分析。同时, 针对伤害比率较大的 T12 做出了重点研究并提出改进的建议。

**关键词:** 侧面碰撞, 伤害值, T12

### 1 引言

无论是 GB 20071-2006 的国家强制性侧面碰撞标准, 还是 C-NCAP 评价规则中关于侧面碰撞的要求, 都对车辆的侧面安全性提出了更高的要求, 而车辆的安全性也是消费者最关心的问题之一。各主机厂, 零部件厂都进行了很多试验希望能够侧面安全性上有所改进, 但是在碰撞试验中, 假人各部位的伤害比率、严重度假人及引起伤害的原因是在进行改进前需要了解的内容。

### 2 侧面碰撞试验中假人伤害情况统计

对于 50km/h 的侧面可变形移动壁障碰撞试验, 通过对 29 次该试验数据, 见表 1, 进行分析得出的结果如下:

#### 2.1 头部伤害值

HIC 都在 400 以下。有侧面气帘的车型表现稳定, 基本上在 40-50 之间, 没有侧气帘的越野车、商务车 HIC 在 20 左右, 而普通的轿车或微型车 HIC 一般在 100-370 之间。然而对于头部的 3ms 伤害值仅有 2 次试验超过了高性能限值 72g, 在 C-NCAP 中无法得到满分。

#### 2.2 肋骨变形量

如果说侧面碰撞中假人的头部是比较安全的, 那么肋骨相对来说是比较薄弱的部位。特别是微型车, 从数值反映上来看, 几乎 90% 都会导致受伤, 而其中一部分是超过了低性能限 42mm<sup>III</sup>。轿车和越野车及商务车在肋骨变形方面比微型车较好, 最多只是轻伤, 介于高、低性能限值之间, 22mm~42mm<sup>III</sup>。

#### 2.3 腹部受力

腹部受力的高性能限值和低性能限值分别为 1kN, 2.5kN<sup>III</sup>。为前、中、后三部分受力之和。此项伤害指标从数值上分析在其中一部分车型能够满足高性能限值的要求, 而有一部分是在介于高、低性能限值之间。29 次试验中, 仅有一次试验腹部得分为零。

#### 2.4 耻骨力

对于耻骨力, 70% 的车辆都能够得到满分, 这个位置相对比较安全, 也正是这个原因, 有时候开发人员会通过适当增加耻骨受力来减少车辆对假人其他部位伤害, 使之达到平衡。

#### 2.5 T12

T12 的力和力矩在 C-NCAP 中是一个扣分项, 最少 0 分, 最多 2 分, 一直不被人们所关注, 然而从统计数据中可以很清晰的看出, T12 的问题是最严重的, 79.3% 的试验会在 T12 上扣分, 而其中 41% 是 2 分全部扣掉。

表 1 29 次侧面碰撞假人伤害值

项	HIC	头部	肋骨变	肋骨变	肋骨变	VC	VC	VC	腹部受	耻骨力	背板力	T12	T12	气
目		3ms (g)	形 (mm)	形 (mm)	形 (mm)	(m/s)			力 (kN)					囊

	(上)		(中)		(下)		(上)		(m/s) (中)	(m/s) (下)	(kN)	(kN)	Fy (kN)	Mx (Nm)	
	(左)	(右)	(左)	(右)	(左)	(右)	(左)	(右)							
	(左)	(右)	(左)	(右)	(左)	(右)	(左)	(右)							
轿车	47	25.1	12.86	16.08	12.24	0.2078	0.1357	0.1012	2.041	2.088	0.3725	2.718	236	有侧气囊及气帘	
	39	20.7	17.58	24.55	21.68	0.106	0.3425	0.1978	2.248	2.042	0.869	2.072	129.5		
	44	24.7	14.08	22.3	18.93	0.0774	0.2351	0.3008	1.663	1.982	0.5935	1.997	222.2		
	43	26.66	28.14	20.83	26.99	0.2742	0.2086	0.2972	1.262	2.404	0.1031	1.832	162.3		
	44	23.05	27.99	24.23	22.83	0.33	0.5177	0.2683	2.123	2.01	0.1202	2.231	153.3		
	52	25.7	20.21	21.34	27.45	0.1544	0.1979	0.2763	1.467	2.246	0.096	1.825	168.6		
	59	29.23	10.39	21.26	22.14	0.0469	0.197	0.1944	1.349	1.969	0.1082	1.525	94.1		
	81	31.99	23.89	19.96	27.94	0.2214	0.1621	0.3496	1.719	1.936	0.1141	1.917	119.9		
	166	56.55	15.14		8.906	0.1089		0.0571	0.8741	3.472		3.919	239.9		
	114	43.98	21.89	16.01	21.89	0.1754	0.1537	0.2167	2.327	2.934	0.038	1.822	172.5		无
376	86.45	23.98	22.03	20.43	0.2742	0.2902	0.2528	2.157	2.521	0.7013	2.305	136.5			
117	53.25	34.47	17.22	18.75	0.7372	0.242	0.2696	1.268	3.292	0.442	1.233	156.4			
162	60.22	27.78	21.03	18.51	0.4597	0.3861	0.3517	0.835	2.592	1.275	0.9523	206			
157	46.15	26.86	36.7	41.42	0.437	0.7856	0.9344	1.544	3.095	0.3899	1.749	110.1			
221	58.69	36.45	34.11	37.58	0.559	0.5318	0.6076	1.424	4.46	1.037	3.333	237.7			
246	71.73	41.27	34.84	21.23	0.5437	1.308	0.2332	2.634	2.706	0.152	2.977	219			
181	58.4	47.97	37.84	29.18	1.005	0.6862	0.5979	1.32	1.87	0.1	1.122	155.4			
353	77.64	43.62	35	28.9	0.6684	0.8	0.4412	1.694	2.581	0.1266	2.782	294.2			
298	69.26	34.06	32.02	32.25	0.47	0.387	0.3797	2.135	4.18	0.2856	3.825	295.5	无		
165	44.29	34.41	19.34	25.21	0.3861	0.1832	0.389	0.6146	2.325	0.7449	1.728	211.8			
233	68.49	58.91	30.65	38.86	1.147	0.6241	0.8391	0.9805	2.573	0.1098	1.571	166.9			
132	52.81	32.76	32.46	24.58	0.4445	0.6528	0.4442	0.8756	1.877	1.333	0.9611	148.5			
119	53.78	21.89	22.14	25.61	0.1647	0.1944	0.2213	0.4597	1.949	0.1677	0.5112	96.6			
66	40.77	22.48	25.18	26.72	0.1473	0.3289	0.3956	0.5919	2.428	0.097	0.9369	87.76			
49	36.36	9.905	18.71	24.21	0.0375	0.2062	0.3639	0.4523	1.722	1.702	0.7333	110.9			
16	14.45	31.67	34.51	35.77	0.6775	0.7748	0.8903	0.3891	1.173	0.869	1.235	44.7			
21	27.9	17.6	1.665	0.3708	0.112	0.0102	0.0013	0.4994	0.4027	0.3428	0.568	61.76		有	

或 商 务 车	43	32.18	12.05	6.607	5.333	0.8128	0.1906	0.0222	0.9964	1.53	0.1122	1.578	190.2
	32	29.69	18.95	20.57	14.02	0.4821	0.2249	0.1277	0.5639	1.164	0.0179	0.9479	135.7

### 3 侧面碰撞试验中假人传感器安装位置

了解侧碰假人中各传感器的安装位置，有利于通过试验数据对假人在试验过程中的运动姿态进行分析。

图1为侧面碰撞中使用的ES-2假人关键传感器位置示意图，主要包括计算头部伤害指标HIC及3ms加速度的三轴向加速度传感器，测量上、中、下三肋骨压缩量的三个位移传感器，计算腹部受力并安装在腹部前、中、后位置的三个力传感器，耻骨力传感器，用于背板测量的4轴传感器安装在假人的后背与三根肋骨连接，T12传感器安装在胸腹连接的部位，背板及T12的测量的结果在C-NCAP中属于扣分项目，根据要求的限值判断是否需要扣分。

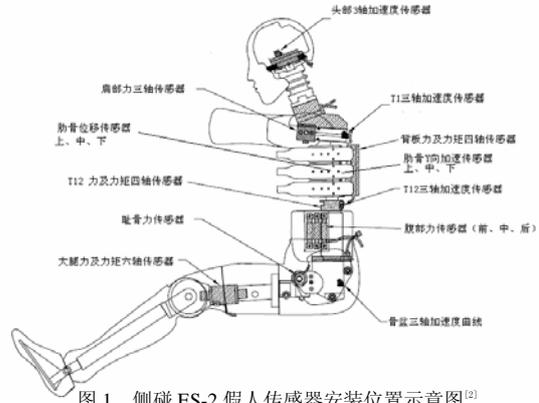


图1 侧碰ES-2假人传感器安装位置示意图<sup>[2]</sup>

### 4 侧面可变形移动壁障碰撞中假人运动情况及伤害情况分析

在侧面碰撞的过程中，车辆在受到碰撞物侵入时，车辆会产生加速度，这种加速度则会对车内假人造成冲击。人体对外力的冲击有一定的承受限度，当外力超过限度时，人体便受到伤害。车内乘员伤亡都是由于汽车碰撞导致乘员与车内部件的碰撞造成的。与汽车正面碰撞相比，汽车侧面吸能构件较少，乘员与门内板之间空间狭小，一旦受到来自侧面的撞击，乘员将受到强烈贯入的冲击载荷作用，严重时危及生命。

以一次微型车的侧面碰撞数据来分析假人在碰撞过程中的运动情况。在假人被撞侧的头、上臂、肋骨、腹部、骨盆、膝盖各部位贴上了锡箔纸进行数字信号的采集，位置及结果如图2。

部位	接触时间
头	51.7ms
上臂	19ms
肋骨	25.3ms
腹部	22.3ms
骨盆	19.9ms
膝盖	未接触

图2 数字信号采集位置及各部位接触时间

结果表明，移动壁障与车辆接触，车辆开始侵入，上臂最先与车接触，接下来是假人的骨盆，随着车辆的逐渐侵入在22.3ms时碰到了假人的腹部，假人的腹部以下随着车辆的变形跟随车辆一起运动，而上半身由于惯性保持原来状态，因此肋骨立刻与内饰接触，之后包括肋骨的上躯干都随车辆的侵入共同运动，只有头部仍然受到惯性的作用，最后51.7ms时甩到了B柱上，如图3。

据统计，侧面碰撞中乘员受到的伤害直接原因是由于被撞侧车辆侵入驾驶室，侵入量的多少和乘员严重死亡和伤害有很大的关系，据美国国家车辆采样系统NASS统计的侧面碰撞时驾驶室侧面侵入量与重伤率的关系显示：驾驶室侧面侵入量与伤害程度等级基本上成线性关系，即侵入量增大时（即变形程度越大），乘员死亡和伤害的比例也就增大，侧面撞击时乘员舱侵入量为8cm时，重伤率为22%，而乘员室侵入量达61cm时，重伤率为100%<sup>[3]</sup>。

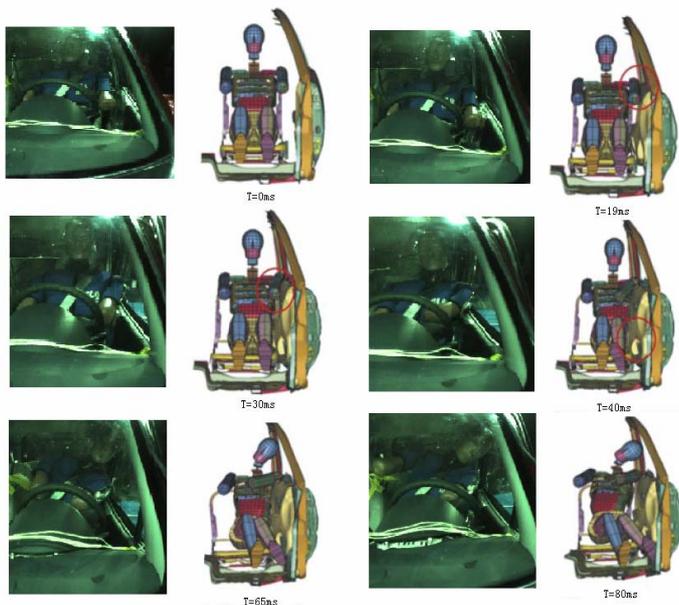


图3 假人运动过程

在整个侧面碰撞中，假人的肋骨比较脆弱，由于车门的侵入变形，成为受伤几率最高最严重的伤害部位；假人的腹部比较靠近门的扶手位置，而且腹腔内有很多重要的器官，因此腹部伤害也成为导致伤亡的原因之一；头部由于会因撞击到车窗或 B 柱的位置上，所以同样存在着危险也不容忽视；骨盆部位的受伤同样容易引起下半身瘫痪等问题。因此，在侧面碰撞的分析研究中，肋骨、腹部、头部及骨盆对假人造成的伤害是人们一直在研究的问题。然而，随着 NCAP 的诞生，侧面碰撞的结果已经不局限于以上几个方面，包括我国的 C-NCAP 评价规则中也规定了关于背板力及 T12 的伤害指标，从而在车身设计及约束系统上提出了更高的标准。由于肋骨、腹部、头部及骨盆一直被人们所关注，改进技术越来越成熟，因此主要针对 T12 指标进行讨论分析。

## 5 T12 伤害指标分析

### 5.1 研究背景

在C-NCAP首批的结果公布中显示：（1）东风日产骐达，在侧碰试验中，对头、胸、腹以及骨盆部位的保护比较好，但在胸部的部位中，背板力及T12的表现不好，造成胸部的失分；（2）东风标致307，侧碰试验中，车辆对假人的头部及骨盆的保护很好，胸部的背板力和T12表现不是很好，对腹部保护也有不足；（3）北京现代雅绅特，在侧面碰撞中，突出的问题在与胸部和腹部的保护，主要反映在肋骨变形及T12受力两个指标，在此项上被扣了比较多的分数；（4）东风本田思域，肋骨变形较大，T12的Fy和Mx两个指标不甚理想；（5）东风悦达起亚，侧面碰撞分数最低，特别是T12的Fy和Mx两个指标均超过了限值，造成的不小的失分。

从上述的评价中不难看出，T12伤害指标在侧面可移动壁障碰撞试验中导致很多车辆的失分，从表1中也可以清晰可见T12的失分率是非常高的。

### 5.2 T12伤害对人体的影响

脊柱犹如人身体上的一根擎天柱，使人体能够直立，T12即胸椎的第12节，也是胸椎的最后一节，与腰椎相连，如图4。胸腰段脊椎是容易受伤的部位之一，也是进行冲击下的损伤研究关注的重点之一。T12前面无胸骨柄，两侧为游离肋，稳定性也较其它胸椎差。C-NCAP 中考察的T12指标为被撞方向的力Fy及沿X方向的弯矩Mx。轴向压力加上不同程度的屈曲和(或)旋转力作用于脊椎，容易导致椎体内压急剧升高而引起椎体自内向外的骨折，是椎体压缩骨折的一种特殊形式就是脊椎爆裂性骨折<sup>[4]</sup>。脊柱爆裂性骨折虽可以发生于颈、胸、腰椎，但以胸腰段最常见，特别是胸腰结合部损伤占骨折的40%。因此，在C-NCAP的评分标准上T12有所体现是完全必要的，在实际碰撞发生的情况下，确实会对车内乘员有较大的伤害。

### 5.3 影响T12的因素及改进办法

碰撞试验过程中，当移动壁障与车辆接触时对假人的冲击力是瞬时的，T12位置受到强大的撞击力并同时产生弯曲，整个过程从侵入的车门与假人接触大概30ms左右，车门板的防撞设计、内饰的结构的布置及材料强度都对碰撞的力大小有较大的影响。

因此，改进T12主要从两方面入手：一是减少T12局部碰撞的能量的来减少受力Fy；二是尽量不要使被撞假人在受到冲击时，以假人T12为界的上下两部分的相对运动过大导致弯矩Mx增大。

**5.3.1 减少T12局部碰撞能能量**，可以将碰撞的能量分散开，如B柱、横梁等，使撞击力被这些部件吸收来减小对假人的伤害，具体措施如下：

(1) 在车身结构上做防撞处理，如在车门夹层中装防撞梁，如图5，当车门受到侧面的撞击时，防撞梁能够把碰撞力传送到A柱和B柱上面，好的设计甚至能够传至车辆的底盘，把受到的碰撞力化解到最小，因此，坚固的防撞梁能有效的减少车门的变形程度，以此来降低对车内假人的伤害；



图5 有防撞梁设计的某车型

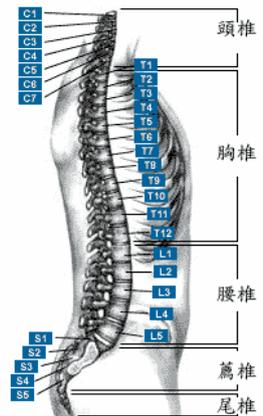


图4 T12位置

- (2) 增加车身侧面碰撞的结构强度，如通过改变A、B、C柱或车门门槛梁的形状与材料刚度来增加其耐撞性；
- (3) 增加侧面安全气囊也能够减小乘员的伤害。保护的气囊有几种，帘式气囊、胸部保护气囊、头胸保护一体式气囊（如图6）等。



图6 侧气囊3种常见形式

### 5.3.2 避免Mx过大，有以下两种措施：

- (1) 车门内饰板要有安全性的设计，选择适合的材料，并且避免出现坚硬、突起的几何外形内饰件，碰撞的局部可以适当弱化；
- (2) 通过增加头胸保护一体式气囊来保护假人的头、胸及腹部，并且减小他们之间的相对运动。从表1中试验所得的数据中看，并不是所有的侧气囊都能有效减小对T12的影响，头、胸保护一体式气囊对于减小乘员T12的伤害效果最明显。

## 6 结论

通过对实际碰撞统计结果的分析，总结出不同车型在侧面可变形移动壁障碰撞试验中假人各部位的伤害情况，并通过一个具体车型剖析了假人的运动过程。重点对测试假人中损伤几率较大的 T12 进行了详细分析并提出改进意见。此分析结论能够为今后的侧面碰撞保护效果的研究方面提供一定的数据支持及帮助。

## 参考文献

- [1] 中国汽车技术研究中心 C-NCAP 管理规则
- [2] EURO SIDE ES-2, DENTON PRODUCT CATALOG 2006
- [3] 吴建勋 侧面碰撞乘员损伤技术及研究 [C] 车辆研测资讯 2006-01
- [4] 贾连顺 宋海涛 胸腰椎损伤的分类 [J] 临床骨科杂志 2000 3 (4)