

# The Analysis and Improvement of Dummy's Chest Deflection in Frontal Impact

Zhuo Peng, Zhao Lixin

(Shanghai Motor Technical Center, shanghai, 201804 [zhuopeng@saicmotor.com](mailto:zhuopeng@saicmotor.com))

**Abstract:** The result of CNCAP and ENCAP frontal impact test show that driver side dummy chest deflection is the key factor to total score. This paper illustrates how the dummy chest deflection is influenced through theoretical analysis and MADYMO simulation. Then the method is devised to reduce chest deflection by tuning seatbelt and airbag parameters.

**Keywords:** Chest deflection, Seatbelt, Airbag, Frontal impact

## 正面碰撞胸部变形量影响因素分析及改进方法

卓鹏 赵立新

(上海汽车股份有限公司技术中心 上海 201804 [zhuopeng@saicmotor.com](mailto:zhuopeng@saicmotor.com))

**摘要:** CNCAP和ENCAP正面碰撞试验结果显示驾驶员胸部变形量成为制约得分提高的关键伤害值。本文通过对试验过程假人胸部变形量的理论分析、MADYO仿真计算，确定影响假人胸部变形量的关键因素。文章提出如何通过优化安全带和气囊参数降低假人胸部变形量，提高胸部得分。

**关键词:** 胸部变形 安全带 气囊 正面碰撞

## 1 引言

随着中国汽车产业的不断发展，汽车安全也不断受到各厂家的重视，新车型的安全性能不断提高。据中国汽车技术研究中心统计，评价车型为五星级或之上的数量分别为：2006年1辆、2007年9辆、2008年13辆。从试验假人各区域伤害特点分析，100%FFB试验胸部得分为47.06%，40%ODB试验胸部得分为73.20%，均为得分率最低的区域。<sup>[1]</sup>其中，假人胸部变形量为扣分的主要因素，也成为制约车型星级评价提高的关键因素。因此，研究正碰假人胸部变形的影响因素及探讨改进方法成为提高车型星级评价的主要措施。

## 2 影响假人胸部变形量的因素

### 2.1 温度对胸部变形量结果的影响

根据我们的整车试验经验，试验室温度不同将导致假人胸部变形量存在较大差异，而胸部加速度基本不变。据中国汽车技术研究中心的假人标定结果，环境温度每变化1℃，标定试验胸部位移变化约1.5mm，温度越高，胸部位移越大。<sup>[2]</sup>因此，在试验过程中一定要严格控制试验室温度并记录在册。

### 2.2 安全带佩戴位置对胸部变形量的影响

由图1和图2可以观察发现，假人胸部传感器测量的是假人胸部中间偏上位置的位移。碰撞位置为传感器安装点时位移最大。偏离传感器点远则测量到的位移越小。仿真分析的结果也验证了这个推论<sup>[4]</sup>。因此，试验中要注意安全带的佩戴位置。在相同限力的条件下，安全带越靠近胸部位移传感器测量点的位置则所测到的变形量越大。

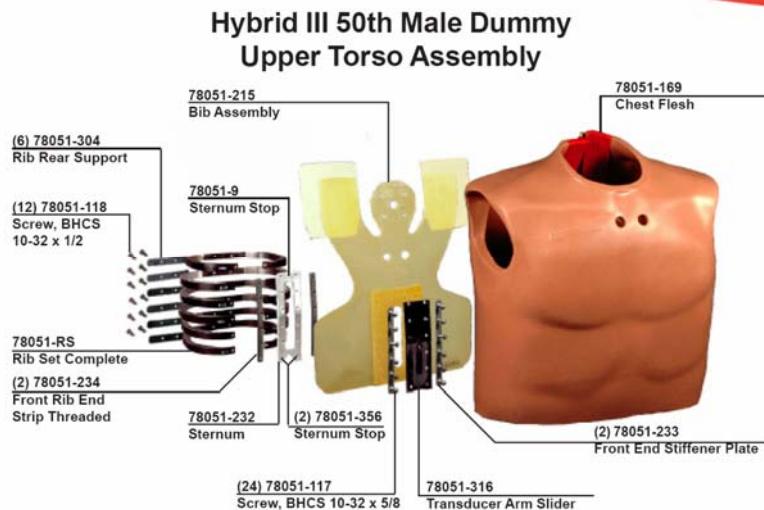


图1 HIII 50<sup>th</sup>假人胸部结构

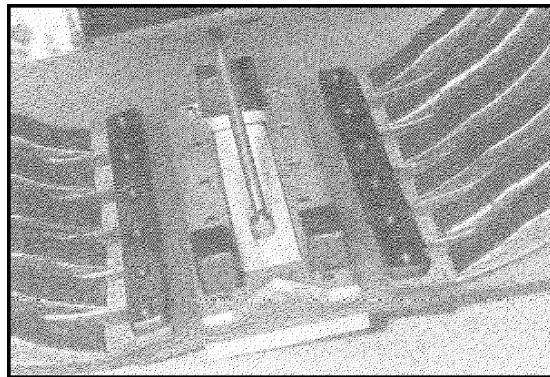


图 2 胸部位移传感器安装位置<sup>[3]</sup>

### 2.3 假人胸部受力对胸部变形量的影响

正面碰撞过程中，假人胸部受到安全带及气囊向后的约束作用，同时假人头颈部施加给胸部正向的力，上肢施加给胸部正向的力，腰脊柱施加向后的约束力。根据假人胸部结构及正面碰撞受力关系，可以建立如下受力分析模型：

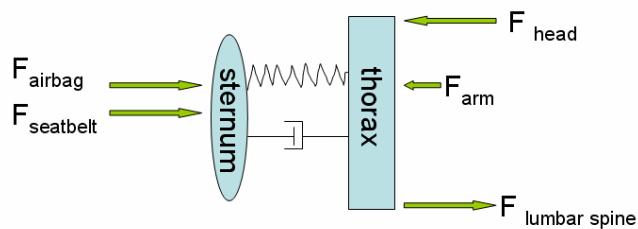


图 3 假人胸部受力模型

从受力模型得：欲降低胸部变形量，可以降低气囊、安全带、头部和上肢传递给胸部的力，或者提高腰脊柱传递给胸部的力。

## 3 降低假人胸部变形量的方法

### 3.1 提高安全带的织带刚度

提高安全带织带刚度能够好的约束假人髋部的运动，增大  $F_{lumbar\ spine}$ 。第一、假人髋部运动减小从而使躯干整体的前移量减少，胸部和方向盘等接触的几率降低，有利于胸部变形量变小；第二、安全带刚度增大从而吸收了更多的能量，安全带和安全气囊对胸部作用的能量减少，胸部变形量变小。

使用 MADYMO (7.0) 建立了台车仿真模型，并对比不同安全带织带延伸率时胸部的变形量如下：

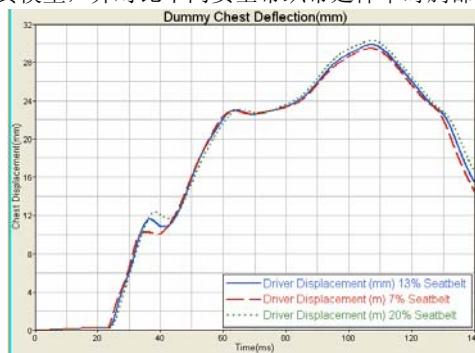


图 4 不同安全带延伸率对应驾驶员侧假人胸部压缩量

通过仿真结果可以发现：随着安全带延伸率降低假人胸部变形量也呈减少趋势。

### 3.2 使用两级递减的限力器

胸部变形量的峰值发生在假人和安全气囊深入接触的时候，而假人接触安全气囊之前的胸部变形量是很小的。提高假人接触安全气囊之前安全带的限力能够使安全带吸收更多的能量，同时不会产生过大的胸部变形量；降低假人接触安全气囊之后安全带的限力能够减小假人胸部受到安全带和气囊的合力，从而使胸部变形量减小。

通过 MADYMO (7.0) 建立台车仿真模型，并对比不同安全带限力特性时胸部的变形量如图 5、图 6。通过仿真结果可以发现：使用双级递减式限力安全带可以减少假人的胸部变形量。

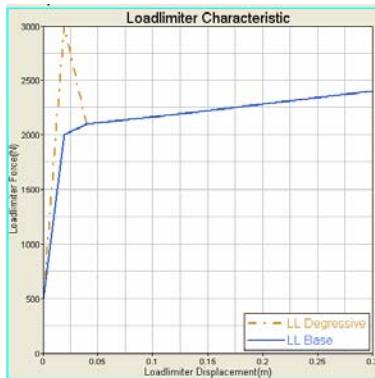


图 5 安全带不同的限力特性曲线

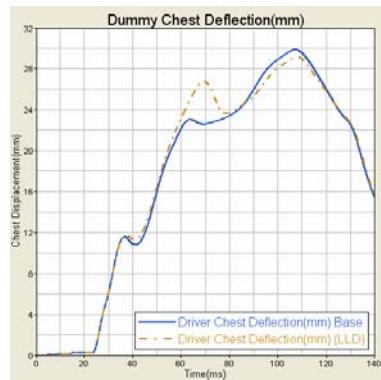


图 6 不同限力特性对应假人胸部压缩量

### 3.3 减小 DAB 袋体半径

减少 DAB 袋体半径将提高气囊的刚度，从而使假人头部能量更多地传递到气囊上，而较少的能量传递到胸部，因此能够减少胸部的变形量。另一方面，安全气囊缩小后，假人胸部受到气囊作用力将减小，也有利于胸部变形量减小。

通过 MADYMO (7.0) 建立台车仿真模型，并对比不同气囊半径时胸部的变形量如下：



图 7 不同 DAB 半径对应驾驶员侧假人胸部压缩量

通过仿真结果可以发现：适当减小 DAB 半径可以减少假人的胸部变形量。

### 3.4 配置膝部气囊

膝部气囊可以限制假人髋部运动，吸收假人动能，所以也膝部气囊不仅有利于保护假人下肢，对于减少胸部变形量也有帮助。<sup>[5]</sup>

## 4 结论

分析碰撞试验中假人响应是一个复杂的系统工程，工程师只有掌握了碰撞条件及乘员约束系统参数将引起的假人各区域的响应变化才能更好的理解试验结果，改进约束系统参数从而得到期望的安全性能。本文分析了影响胸部变形量的关键因素：试验温度、安全带佩戴位置和胸部受力。随后提出了四种有利于降低胸部变形量的方法：提高安全带织带刚度、使用两级递减的限力器、减少 DAB 袋体半径、配置膝部气囊，并通过 MADYMO 仿真分析验证了分析结果的正确。

## 参考文献

- [1] 朱海涛等. C-NCAP 评价结果统计分析. 武汉: 2009 中国汽车安全技术国际研讨会论文集. 2009: 261-265
- [2] 王凯等. HIII 50th 假人胸部低速冲击标定研究. 武汉: 2009 中国汽车安全技术国际研讨会论文集. 2009: 266-270
- [3] User's Manual for the 50th Percentile Male Hybrid III Test Dummy
- [4] 彭路等. 基于 MADYMO 的前碰撞 HIII 假人胸部压缩量损伤分析: 2009 中国汽车安全技术国际研讨会论文集. 2009: 428-432
- [5] Burkhard Eickhoff, Harald Zellmer, Erik Forster. The mechanism of belt induced chest deflection analysis and possibilities for reduction