

DOI: 10.3901/JME.2009.11.230

汽车座椅坐垫倾角对正面碰撞乘员保护影响分析*

葛如海¹ 臧 凌¹ 王浩涛^{1,2} 张学荣¹ 陈晓东¹ 苏清祖¹

(1. 江苏大学汽车与交通工程学院 镇江 212013;

2. 中国重型汽车集团有限公司 济南 250002)

摘要: 提出在汽车乘员约束系统中增设座椅坐垫倾角调节机构, 在汽车正面碰撞前或正面碰撞中增大座椅坐垫与车身地板的夹角, 利用座椅坐垫在乘员的重心前方形成有效约束, 从而减轻乘员伤害的设想。为此, 以某型轿车驾驶区相关尺寸参数和性能参数为依据, 采用 MADYMO 分析软件建立汽车正面碰撞仿真分析模型, 并经试验验证。采用不同座椅坐垫倾角进行仿真分析, 结果表明, 当采用 25° 座椅坐垫倾角时头部损伤下降 21.4%, 胸部损伤下降 16.6%, 而髋部损伤仅仅增加 8.2%, 腿部损伤依然较低。因此, 在汽车乘员约束系统中增设座椅坐垫倾角调节机构能够有效地减少乘员的伤害。

关键词: 乘员约束 座椅 坐垫调节 正面碰撞 乘员伤害

中图分类号: U461.91

Analysis on the Influence for the Protection on Frontal Impact by Vehicle Seat Cushion Obliquity

GE Ruhai¹ ZANG Ling¹ WANG Haotao^{1,2} ZHANG Xuerong¹
CHEN Xiaodong¹ SU Qingzu¹

(1. School of Automobile and Traffic Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013;

2. Chinese Heavy Motorcar Limited Company, Jinan 250002)

Abstract: An assumption is brought, that is, by using seat cushion to make effective restraint in front of occupants' center of gravity, and adding seat cushion obliquity adjusting instrument to increase the angle between seat cushion and floor of car body before or during front collision, occupants' injury can be reduced. Therefore, based on the correlation size of a certain car and performance parameter of driving region, MADYMO analysis software is used to establish the simulation model of automobile front collision, and which is verified by tests. After simulation analysis by using different seat cushion obliquity, the result indicates that when 25° tilting angle of seat cushion is used, head injury declines 21.4%, chest injury drops 16.6%, but hip trauma only increases 8.2%, and the leg wound is still low. That is to say, adding seat cushion obliquity adjusting instrument in Occupant Restraint System can effectively reduce occupants' injury.

Key words: Occupant restraint Seat Cushion obliquity adjusting Automobile front collision Occupants' injury

0 前言

当前汽车上普遍配置了乘员约束系统。据美国国家公路交通安全管理局 2003 年年度报告^[1]: 从 1975 年至 2003 年, 乘员约束系统共挽救了超过 19 万人的生命。由此可见采用乘员约束系统是汽车碰撞时保护乘员的有效措施。当前汽车乘员约束系统主要开展安全气囊研究^[2-3]并正向智能化方向发展。

智能型汽车乘员约束系统主要包含^[4-6]: 传感器技术(包括预碰撞传感器、碰撞严重程度传感器、安全带使用情况传感器、座椅位置传感器、乘员重量传感器、模式传感器)、安全带技术(包括预张紧器、载荷限制器、智能充气式安全带)、智能型安全气囊等。在座椅中, 提出采用座椅调节装置^[5-7]: 当预碰撞传感器判断碰撞不可避免时, 调节座椅到最后的位置, 以使小个子乘员远离方向盘、仪表板等车内部件。

汽车座椅是汽车乘员最主要的约束部件, 在乘员乘坐到汽车上后, 即给汽车乘员提供了有效的约束。但为保证乘员乘坐舒适性, 座椅的坐垫与汽车

* 科技部国家科技支撑计划资助项目(2007BAK35B02)。20081127 收到初稿, 20090626 收到修改稿

驾驶区地面的夹角都不大，一般小于 10°，乘员在碰撞时向前的运动主要依靠安全带等进行约束。因此，汽车乘员最主要的约束部件——座椅不能对乘员最需要提供保护的正面碰撞提供有效约束，这是当前乘员约束系统中存在的最大问题。

为此，本文提出在乘员约束系统中采用座椅坐垫倾角调节机构的设想。即在现有汽车智能乘员约束系统的基础上，采用智能控制方法，在汽车正面碰撞前或正面碰撞中增大座椅坐垫与车身地板的夹角，使汽车坐垫在乘员前方形成有效约束，约束住乘员的重心位置，变安全带对乘员作用的集中载荷为主要作用在坐垫上的分布载荷；变安全带对乘员胸部、腹部等易受伤的部位约束为主要针对能承受较大载荷的人体臀部和腿部进行约束，从而起到减轻乘员伤害的目的。

1 仿真分析模型的建立及验证

为分析座椅坐垫倾角对汽车正面碰撞乘员伤害的影响，以某型轿车驾驶员区相关尺寸及性能参数为依据，采用 MADYMO 汽车碰撞乘员模拟程序建立了包括汽车地板、防火墙、仪表板、加速踏板、搁脚板、风挡与车顶系统、A 柱及内饰以及座椅等车体模型，建立了包括仪表板固定横梁、转向柱托架、倾角调整机构、压溃转向柱和转向盘等部件的转向系统模型，建立了包括气囊网格模型、气囊的折叠和安装等安全气囊模型，建立了包括安全带卷收器(含安全带预张紧和限力器)、高度调节器、固定的锚点和带扣等安全带模型；选用 MADYMO 分析软件中自带的 Hybrid III 男性第 50 百分位椭圆球假人进行定位；将以上模型按实车工况定位，定义各部件的特性、载荷等，定义各部件之间的接触，从而构建了完整的汽车正面碰撞乘员约束系统模型。整个模型共有 21 513 个节点、14 849 个 Shell4 壳单元、13 224 个 Mem3 膜单元、60 个刚性体、60 个运动铰、106 个椭圆面、4 个圆柱面、8 个平面。有限元分析模型如图 1 所示。

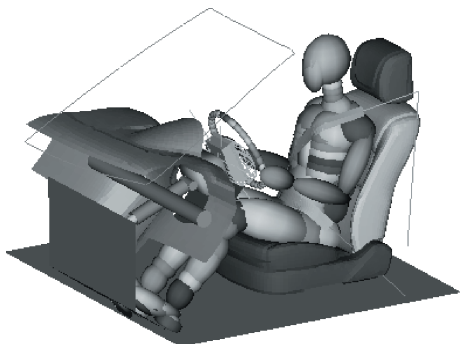


图 1 正面碰撞乘员约束系统模型

图 2~9 是 MADYMO 模型的假人伤害响应与碰撞试验假人伤害响应的对比。表 1 列出了模型计算出的假人伤害指标与试验的对比。

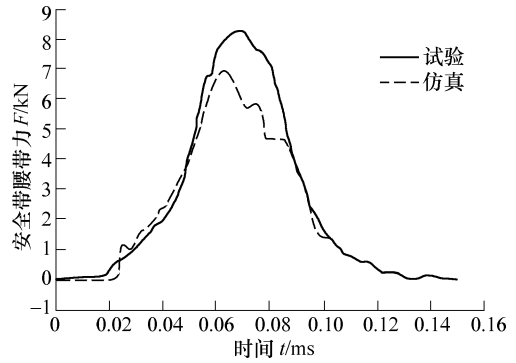


图 2 腰带受力曲线图

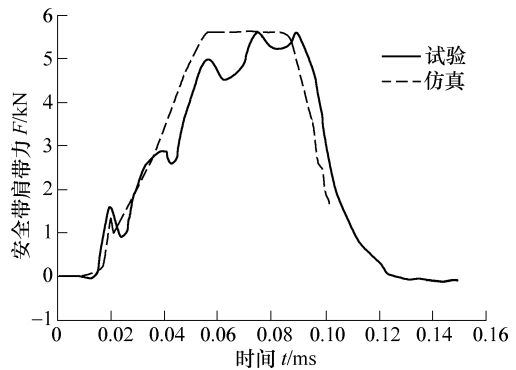


图 3 肩带受力曲线图

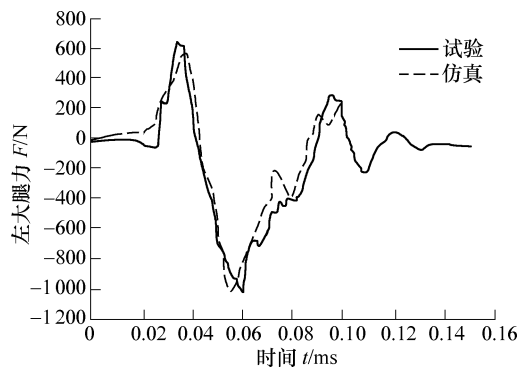


图 4 左大腿受力曲线图

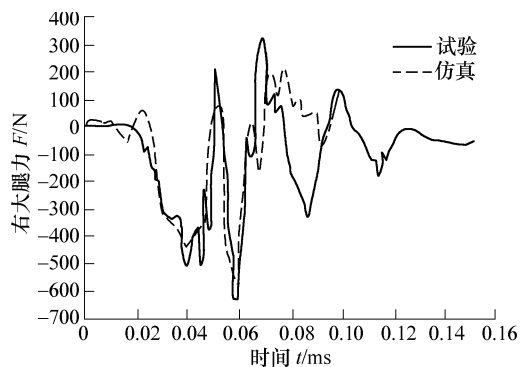


图 5 右大腿受力曲线图

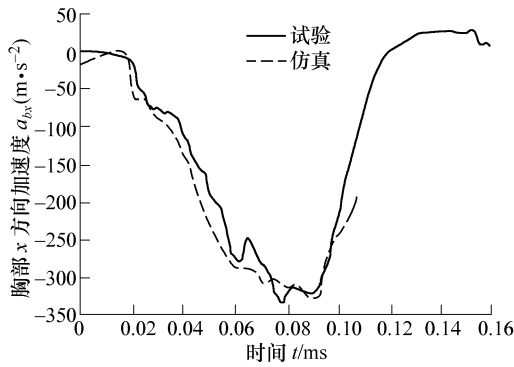


图6 胸部x方向加速度曲线图

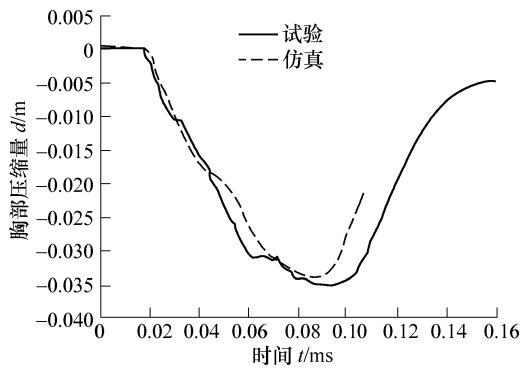


图7 胸部压缩量位移曲线图

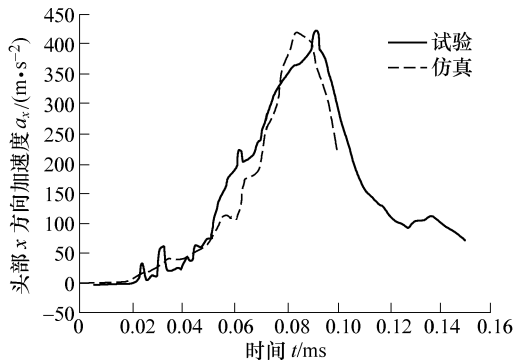


图8 头部x方向加速度曲线图

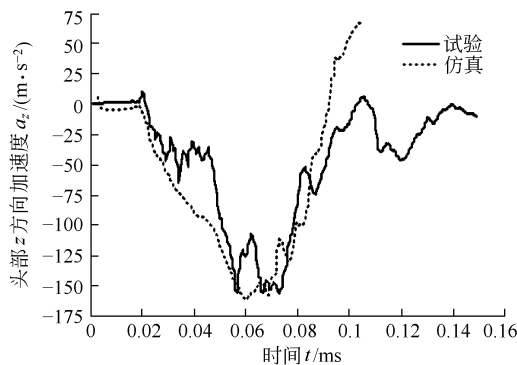


图9 头部z方向加速度曲线图

从表1可以看出, MADYMO 计算出来的假人伤害指标与试验虽然存在一定计算误差, 但从计算与试验的假人头、胸部加速度(变形)以及大腿骨受

力的对比结果来看, 关键指标的计算误差均在15%之内, 所以可以将此仿真模型作为基本模型进行研究。

表1 模型计算结果与试验对比

指标	仿真结果	试验结果	误差 $e/\%$
头部伤害指标 HIC	342.3	318.3	5.6
胸部加速度 $a_b/(m \cdot s^{-2})$	307.4	329.2	6.6
胸部压缩量 d/mm	34.1	33.3	3.3
左大腿力 F_l/N	1 008.5	1 052.2	4.2
右大腿力 F_r/N	580.5	668.8	13.2

2 座椅坐垫倾角对乘员保护效果分析

利用以上建立的乘员约束系统模型, 采用5种不同座椅坐垫倾角进行仿真分析, 其对乘员保护效果如表2和图10所示。

表2 座椅坐垫倾角对乘员保护效果

指标	坐垫倾角 $\theta/(^\circ)$				
	10	15	20	25	30
头部伤害指标 HIC	346.2	319.3	309.7	272.0	262.1
胸部加速度 $a_b/(m \cdot s^{-2})$	312.1	325.9	324.8	290.3	287.7
髋部加速度 $a_h/(m \cdot s^{-2})$	286.4	302.5	346.3	373.3	411.4
胸部压缩量 d/mm	34.4	35.5	36.6	32.6	30.4
左大腿力 F_l/N	1 020	1 004	984	1 383	1 284
右大腿力 F_r/N	621	617	610	879	717

由表2分析可知, 增大座椅坐垫的倾角可以减轻头部和胸部的损伤值, 而髋部的损伤值增加, 按照人体的承受极限, 髋部的承载能力最强, 因此适当增加座椅坐垫的倾角符合设计原则。当座椅坐垫的倾角到达 25° 时, 继续增加倾角已不能显著改善头、胸部损伤值, 而髋部加速度急剧增加, 因此, 确定座椅坐垫的最终倾角为 25° 。

最终设计的坐垫导轨保证座椅坐垫从 10° 转动到 25° , 并且坐垫向下运动 50 mm。采用该机构的乘员运动姿态如图11~14所示, 相对原座椅对乘员损伤的改进如表3所示。

表3 调整机构对损伤的改进情况

指标	坐垫倾角 $\theta/(^\circ)$		损伤变化率 $r/\%$
	10	10~25	
头部伤害指标 HIC	346.2	272.1	-21.4
胸部加速度 $a_b/(m \cdot s^{-2})$	312.1	260.3	-16.6
髋部加速度 $a_h/(m \cdot s^{-2})$	286.4	309.9	8.2
胸部压缩量 d/mm	34.4	32.9	-4.4
左大腿力 F_l/N	1 020	742	-27.3
右大腿力 F_r/N	621	818	31.8

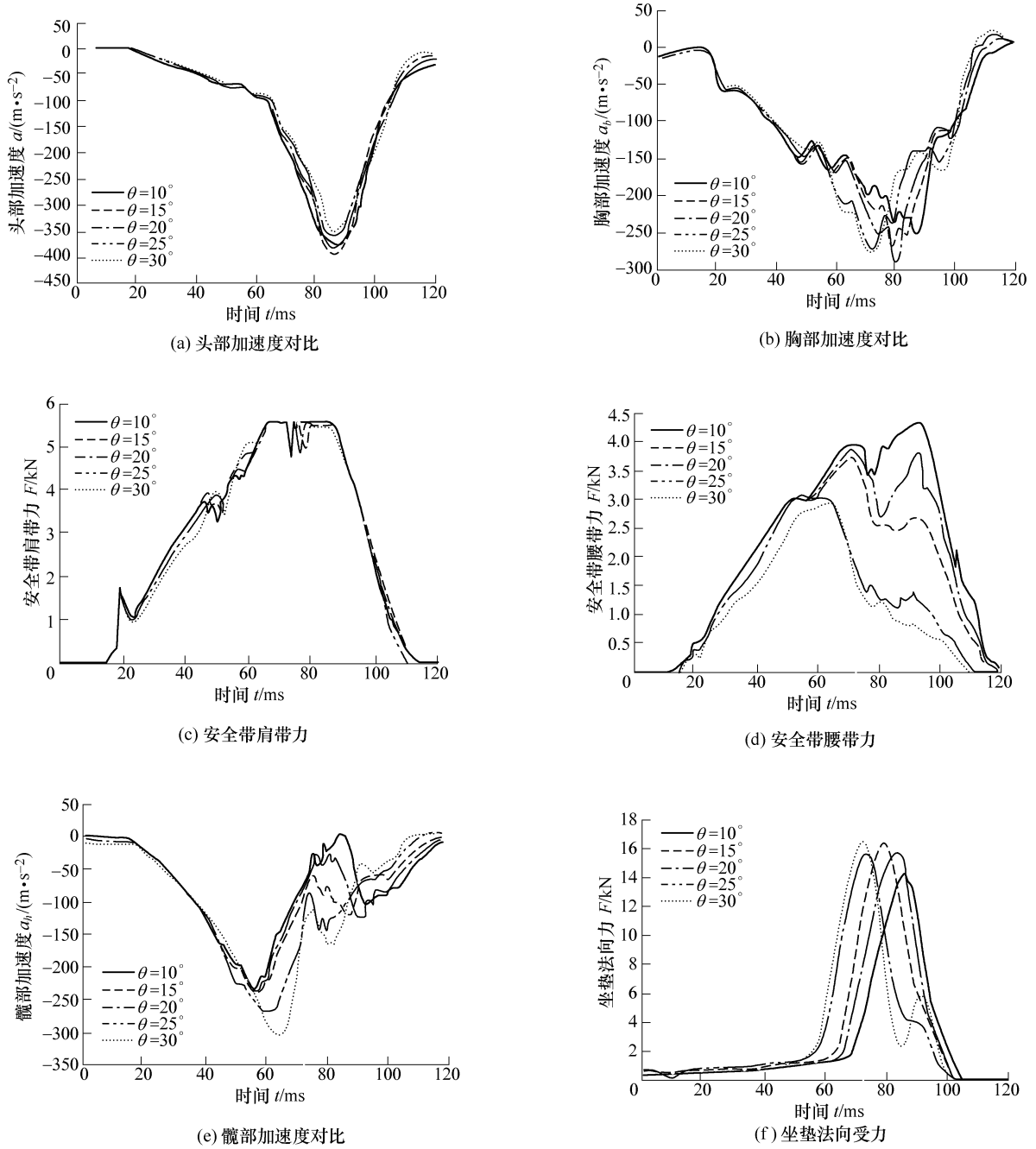


图 10 座椅坐垫对乘员保护效果时间历程

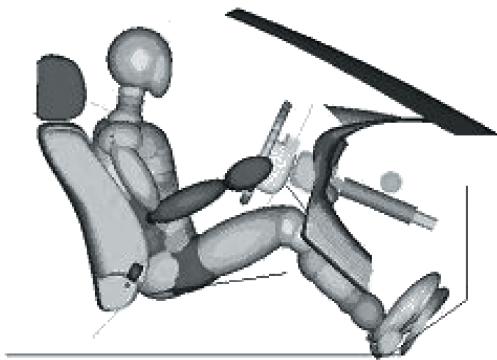


图 11 0 ms 乘员及坐垫运动姿态

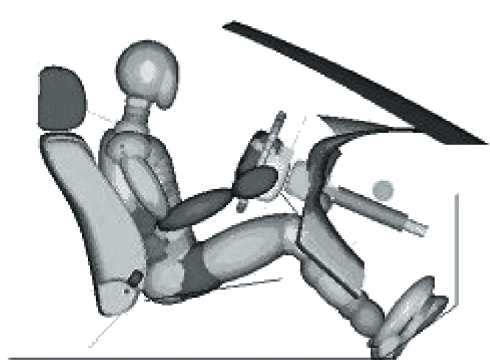


图 12 30 ms 乘员及坐垫运动姿态

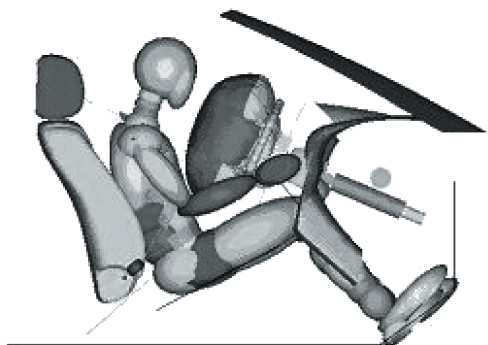


图 13 50 ms 乘员及坐垫运动姿态

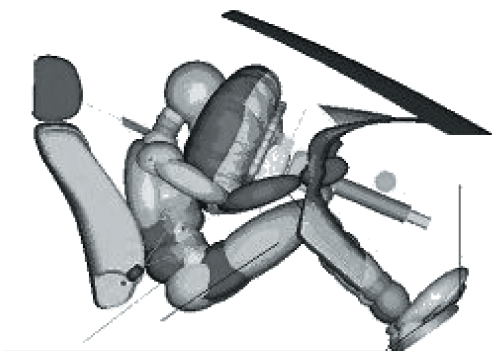


图 14 70 ms 乘员及坐垫运动姿态

从表 3 可知, 采用该机构可以使头部损伤下降 21.4%, 胸部损伤下降 16.6%, 而髋部损伤仅仅增加 8.2%, 腿部损伤依然较低。

3 结论

(1) 当前所用的汽车座椅不能对乘员最需要提供保护的正面碰撞提供有效约束, 有必要对座椅进行改进设计。

(2) 仿真分析表明, 采用座椅坐垫动态倾角调节机构, 在汽车发生碰撞时增大座椅坐垫与地面的夹角, 能够使头部损伤下降 21.4%, 胸部损伤下降 16.6%, 而对下肢的伤害增加并不大。

(3) 该机构还具有防止乘员下潜作用。

因此在汽车乘员约束系统中采用座椅坐垫倾角调节机构, 能够有效地减少乘员的伤害, 具有良好的应用前景。

参 考 文 献

[1] U.S. Department of Transportation, National Highway

Traffic Safety Administration. Traffic safety facts 2003: A compilation of motor vehicle crash data from the fatality analysis reporting system and the general estimates system[R]. Washington, October 2004. DOT HS 809 775.

[2] HUANG Hongwu, YANG Jikuang, LIU Zhengheng, et al. Modeling of occupant dynamic response to car-barriers crash on highway[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2004, 17(2): 276-279.

[3] 刘子建, 黄天泽, 张建华, 等. 安全气囊对汽车乘员碰撞损伤防护的研究[J]. 机械工程学报, 2001, 37(5): 12-17.

LIU Zijian, HUANG Tianze, ZHANG Jianhua, et al. Survey of research on airbag for occupant injury prevention from vehicle impacts[J]. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 2001, 37(5): 12-17.

[4] 张君媛, 林逸, 华伟. 智能汽车乘员约束系统的开发方法[J]. 公路交通科技, 2003(3): 159-162.

ZHANG Junyuan, LIN Yi, HUA Wei. Development strategies of intelligent occupant protection system[J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2003(3): 159-162.

[5] 朱华. 安全气囊技术的新进展[J]. 城市客车, 2006(2): 59-60.

ZHU Hua. Novel airbag technology[J]. Urban Vehicles, 2006 (2): 59-60.

[6] 何文, 钟志华, 杨济匡. 汽车安全气囊技术的新发展[J]. 汽车研究与开发, 2000(4): 33-37.

HE Wen, ZHONG Zhihua, YANG Jikuang. Development trend of automatic airbag technology [J]. Automobile Research & Development, 2000(4): 33-37.

[7] RON Pack, JONATHAN Koopmann, HAILING Yu, et al. Pre-crash sensing countermeasures and benefits[C] // The 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Washington D.C., Paper Number 05-0202, 2005: 6-9.

作者简介: 葛如海, 男, 1957 年出生, 教授。主要从事汽车被动安全性研究。

E-mail: grh@ujc.edu.cn