



中国汽车工程学会
SAE-China

汽车安全技术

Automotive Safety Technology



人民交通出版社
Jilin Communications Press

91-53



中国汽车工程学会
SAE-China

汽车安全技术

Automotive Safety Technology



人民交通出版社
China Communications Press

917403

内 容 提 要

本书介绍了国内外汽车安全研究的最新进展,由2004年6月在北京召开的“中国汽车工程学会第八届汽车安全技术学术会议”暨“2004中国汽车工程学会汽车安全技术国际研讨会”收录的部分论文编辑而成。全书共分为六个部分:回顾与综述、安全性设计与计算、法规与试验技术、人体防护及生物力学、事故处理与分析、主动安全及其他。主要包括碰撞安全法规的发展、耐撞性设计、轻量化设计、碰撞模拟计算技术、乘员保护系统研究、行人碰撞保护研究、碰撞假人及生物力学的发展、碰撞交通事故分析、碰撞试验测试技术新发展等研究内容。

本书可以作为车辆安全研究领域的专业研究人员、工程技术人员和大专院校师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

汽车安全技术 / 中国汽车工程学会著. —北京: 人民交通出版社, 2004.6

ISBN 7-114-05110-7

I. 汽… II. 中… III. 汽车—安全技术—文集
IV.U461.91-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第052982号

汽车安全技术

中国汽车工程学会

正文设计: 张玉栋 责任校对: 张莹 责任印制: 杨柏力

人民交通出版社出版发行

(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号)

各地新华书店经销

北京明十三陵印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 16 字数: 400千

2004年6月 第1版

2004年6月 第1版 第1次印刷

印数: 0001—2000册 定价: 30.00元

ISBN 7-114-05110-7

在汽车交通事故中死亡的人数,常常超过世界的局部战争,所以交通事故已经成为人类社会的重大公害之一。据 WHO 预测,到 2020 年道路交通伤害将成为第三大死亡类型,我国 2003 年因车祸致死的人数接近 11 万人。所以,加强汽车安全的研究,减少我国道路交通伤害,是需要全社会共同关注和努力的重要问题。

我国汽车安全性研究经过了十多年的历程,1985 年,清华大学和中国汽车技术中心等率先在我国开展了汽车安全性预研工作。主要研究范围包括:汽车安全法规的研究和制定,国产汽车的结构耐撞性研究,汽车乘员约束系统的研究,人体伤害的研究,汽车被动安全试验技术研究,交通事故分析等多个方面。目前,中国汽车被动安全试验技术有了显著的进步和发展,在长春、襄樊、天津、交通部试验场、清华大学、上海都建立了汽车碰撞试验设施,多年来为提高国产汽车的安全性和减少道路交通事故伤亡发挥了重要作用。

1995 年,中国汽车工程学会成立了汽车安全技术专业委员会,挂靠在清华大学。在此后的 10 年中,汽车安全技术专业委员会召开了 7 届汽车安全技术学术会议,先后有五百余位来自国际著名大型汽车公司、科研机构、高等院校的专家学者和领导参加。

“中国汽车工程学会第八届汽车安全技术学术会议”暨“2004 中国汽车工程学会汽车安全技术国际研讨会”由中国汽车工程学会主办,汽车安全技术分会筹备组承办。预期这次会议必将为促进中国汽车安全研究的发展做出有益的贡献。

本书收录了部分专家和学者有价值的论文编辑而成。全书论文共分为回顾与综述、安全性设计与计算、法规与试验技术、人体防护及生物力学、事故处理与分析、主动安全及其他等六个部分。相信本书的出版,对促进汽车安全研究的国际交流与合作,促进我国汽车安全研究的不断提高,均会起到重要的作用。

QAK17/01

目 录

第一部分 回顾与综述

1. 汽车安全技术与公共安全····· 黄世霖,张金换,杜汇良(3)
2. Recent Progress in Pedestrian Impact Protection ····· 周青,杜汇良,孔凡忠(10)
3. High Speed Re-Hit in Vehicle Crashworthiness Development ····· Beixia Wu, Miloslav Riesner(21)
4. From Road Traffic Accident to Safer Vehicle ····· 杨济匡,钟志华(24)

第二部分 安全性设计与计算

5. 金杯海狮轻型客车正面碰撞安全性改进设计 ····· 张金换,黄世霖,孔凡忠等(33)
6. 基于耐撞性仿真的轿车前纵梁结构轻量化设计研究 ····· 朱平,张宇,王海亮等(38)
7. 几类典型耐撞性结构吸能性能的比较 ····· 宋宏伟,范子杰,虞钢(44)
8. 薄壁直梁动态撞击的变形和吸能特性的研究 ····· 刘中华,程秀生,杨海庆等(50)
9. 国产平头客车结构耐撞性设计与改进 ····· 孔凡忠,张金换,黄世霖等(57)
10. 机动车辆阻挡装置的数值碰撞模拟和实验 ····· 李振平,王大志,岳卉等(65)
11. Application of Stainless Steel in Crash Structures of Vehicles ····· Flavio Friesen(71)
12. Modeling Crash Behavior and Measuring Crash Severity Based on Incremental Changes in Momentum and Energy ····· R. Barnard, M. Riesner(81)
13. Pedestrian Friendly Hood design-Comparison of Steel vs. Aluminium Hood with same Design and new Numerical Optimisation Method for Pedestrian Friendly Engineering ····· Dominik Schwarz, Jan Bordasch, Harald Bachem, Ed Opbroek(87)

第三部分 法规与试验分析技术

14. 护栏碰撞试验乘员加速度伤害指标(ASI)与头部损伤指标(HPC)相关性研究 ····· 于树平,乔希永,王维等(99)
15. 基于 Hausdorff 距离的多分辨率图像匹配方法 ····· 张宏志,张金换,黄世霖等(105)
16. 腰带限力式三点安全带的开发与应用 ····· 白鹏,朱西产,李向荣(109)
17. 两种典型正面碰撞试验的研究 ····· 王冬梅,李向荣,朱西产等(114)
18. 我国汽车安全法规体系及安全技术法规与国外的差异研究 ····· 李宏光,吴卫,赵静炜等(119)
19. 汽车侧面碰撞试验仿真研究 ····· 金鑫,王吉涛,张金换等(130)
20. 车辆姿态角测量技术研究 ····· 王步康,李琦,杜汇良等(135)

第四部分 人体防护及生物力学

21. The simulation technology of Car-Pedestrian accidents
..... Seigo Kuzumaki, Tomoyuki Fukatsu(143)
22. 基于行人下肢保护的保险杠设计因素研究 杜汇良, 黄世霖, 张金换(152)
23. 利用数值模拟优化司机侧安全气囊及约束系统 宋正超, 张金换, 黄世霖(158)
24. 基于 MADYMO 的汽车侧面碰撞乘员约束系统模型僵立与验证
..... 张敏, 张君媛, 刘静岩(164)
25. 基于随机模拟的汽车乘员约束系统稳健优化设计 张君媛, 林逸, 张敏(169)
26. 安全气囊折叠方式的优化研究 马春生, 岳卉, 黄世霖等(173)
27. 基于 CT 图像的骨骼实体建模方法 雷鹏, 张金换, 黄世霖(178)

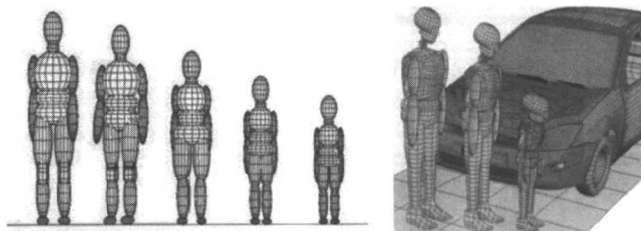
第五部分 事故处理与分析

28. 基于人机工程学的交通事故人体损伤综合信息模型 袁泉, 李一兵, 梅冰松(185)
29. 单车弯道交通事故车速模型 周立, 许洪国, 张健等(191)
30. 基于 DLT 模型的等效碰撞速度估计 蔡晓敏, 李一兵, 林嘉等(196)
31. 碰撞损伤的计算机模拟及其实验再现 王大志, 黄世霖, 张金换(201)
32. 有限元法模拟车辆损伤在碰撞条件确定中的应用 姚阳, 张金换, 黄世霖(206)

第六部分 主动安全及其他

33. 基于驾驶员模型的汽车安全状态判断技术研究 侯德藻, 李志强, 连小珉等(215)
34. 基于人-车-路一体化的汽车主动避撞安全技术 高锋, 李志强, 连小珉等(223)
35. 大型客车的发展状况及其被动安全措施研究 高水德, 张绍理(231)
36. 新型公路安全护栏技术开发 白书锋, 张颖, 汤文杰(239)
37. 不同形状图像的贝叶斯模式识别 赵双双, 宋桂秋(246)

第一部分 回顾与综述



汽车安全技术与公共安全

——汽车碰撞安全性研究十年回顾与展望

黄世霖, 张金换, 杜汇良

清华大学, 北京, 100084, huangshl@tsinghua.edu.cn

摘要: 汽车安全事故已成为危害人类生命安全的头号公害, 汽车安全的研究对国家公共安全产生重大影响。本文通过总结十年来有关汽车安全的汽车安全技术、道路交通安全技术和反恐防汽车炸弹三方面的研究进展, 结合国外研究现状, 提出有必要开展基于公共安全, 并结合生物工程的进一步汽车安全技术的研究, 以保持与国际汽车安全技术的同步发展。

关键字: 公共安全, 汽车安全, 碰撞, 道路交通安全, 反恐, 生物工程

Vehicle Safety Technology and Commonality Safety

Huang Shilin, Zhang Jinhuan, Du Huiliang

Tsinghua University, Beijing, 100084, huangshl@tsinghua.edu.cn

Abstract: Traffic accident has been the largest threat on human life and the research on vehicle safety deeply affects the national commonality safety. This paper summarized the developments in vehicle safety technology, road traffic safety technology, and anti-terrorism of auto-bomb in the past 10 years, corresponding with the actual research state of the world, pointed out that it's necessary to carry out the further research on the vehicle safety technology, biomedical integrated, for the consideration of the commonality safety. These researches will advance the development of vehicle safety technology.

Keywords: Commonality Safety, Vehicle Safety, Crash, Road Traffic Safety, Anti-terrorism, Biomedical

国家安全由两部分组成: 一是国防安全, 二是公共安全。在公共安全中, 特别是众多的群死群伤的重大事故, 造成恶劣的社会影响, 为国家有关部门和相关领导们所重视。大型集会、火灾和矿山中出现的重大意外伤亡事故往往更容易引起人们的注意, 而人们对生活中经常出现的交通事故却往往熟视无睹, 不能引起足够的重视。

近年来我国汽车工业飞速发展, 汽车保有量迅速增加, 这同时也导致了与汽车相关的各种事故的迅猛增长。根据国家安全生产局发布的全国安全生产形势通报, 2002 年全国共发生各类安全事故 107.3 万起, 死亡 13.9 万人。其中, 道路交通事故 77.3 万起, 占全部的 72%, 死亡 10.9 万人, 占全部的 78%, 56.2 万人受伤, 直接经济损失 33.2 亿元。汽车交通安全已经成为公共安全问题上举足轻重的部分。

从全世界范围来看, 我国汽车保有量只占全世界的 1.9%, 但我国交通事故死亡人数却占全世界的 15% 左右。可见, 汽车安全技术是中国公共安全研究的最主要的方面。

公共安全的研究是关系到国家经济发展和社会稳定的重要问题, 由于汽车安全事故在其

中占有相当大的比重,因此当前对公共安全的研究主要有以下几个重点:

1. 汽车安全技术

1.1 中国汽车碰撞试验技术的发展

根据美国统计的数据,在贯彻执行安全法规后,每年的交通事故死亡人数由原来的 5 万人减少到 4 万人,减少 20%。借鉴美国和欧洲的汽车安全法规,制定了中国汽车安全技术法规,推动了我国的汽车安全技术的发展工作。20 世纪 90 年代初,作为国家八五重点项目,在中汽总公司的安排下,清华大学、国家轿车质量监督检验中心(天津)和国家汽车质量监督检验中心(襄樊)相继建立了台车模拟碰撞试验台,并在 1993 年国家颁布了客车前排乘员强制使用安全带的法规。从 1992 年开始在清华大学又多次进行了整车碰撞试验的尝试,并且在 1995 年与北京吉普车有限公司合作成功地按照国际法规进行了整车碰撞试验,碰撞结果在中汽总公司召开的全国技术会议上发布,并被中国大百科全书出版的《共和国 365 个第一珍贵图录》收录确认为“中国第一撞”。1996 年国家汽车质量监督检验中心(襄樊)受气袋厂委托,对桑塔纳轿车成功地进行了碰撞试验。1997~1998 年清华大学受汽车生产厂家的委托又为富康等一批轿车进行了多次试验,为整车碰撞试验和被动安全性研究打下了基础。1996 年开始在国家机械工业局的安排下组织翻译、起草和讨论了中国汽车碰撞新的法规,并于 1999 年底正式颁布。

1999 年 8 月清华大学建成新的汽车碰撞试验室,开始按新的法规进行试验。1999 年 10 月,国家汽车质量监督检验中心(长春)建成新的试验室,并进行了本田等一批车的碰撞试验。在国家轿车质量监督检验中心(天津)和交通部公路科学研究所公路交通试验场,也均建成了规模较大的电力牵引的碰撞试验设施,当时已通过了国家实验室认可委员会实验室认可和计量认证的评审的已有四家。国家轿车质量监督检验中心(天津)目前成为规模最大,做碰撞试验最多的单位。最近又在上海、襄樊、重庆、长沙等地建成新的汽车碰撞试验室使得汽车的碰撞安全性研究,有了更广泛的阵地。

十年来,在大家的共同努力下,我国的交通事故情况的改善已经在 2002~2003 年初见成效,如图 1 所示。

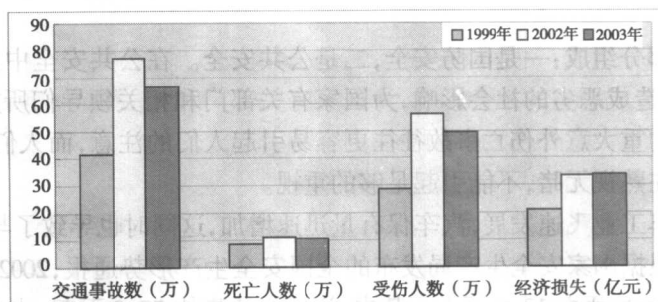


图 1

各个单位在汽车结构耐撞性、安全气囊技术、汽车试验测试技术、模拟计算技术等方面均做出了重要的工作,并逐步开展了国际合作项目。

1.2 关于国产汽车碰撞安全性的提高和虚拟试验技术

发展自主开发能力,提高国产汽车的碰撞安全性,不能仅仅依靠碰撞试验,需要同时发展

先进的模拟计算技术。

我国生产的微型客车和轿车,深受广大民众欢迎,但是有些国产车型和碰撞安全法规的要求还有一定的差距。因此,为了达到标准,需要进行深入的改进。有的可以根据试验,进行改进设计,再试制再进行试验,如果不满意,再进行改进设计,试制和试验。这个循环不但需要大量的费用,而且要相当长的周期。现在实行的方法,可以先进行碰撞试验,同时进行建模和相应的计算分析,只有由试验验证了的模拟计算才是可信的。在这基础上,先把改进方案,在验证过的模型上进行虚拟碰撞试验预测改进的效果。可以对多种不同改进方案进行计算和选择。最终选一种最优化的方案,再进行试制。加快解决问题的速度,节省时间和费用。但是建模分析要达到定量效果,一般都需要经过多次的试验验证来修改。因为许多计算的参数都要来之于实验。国外目前计算效果好,一般经过大量试验验证修改,才比较成熟。进行碰撞试验→改进模拟计算→再次碰撞试验→最后达标,这才是正确的途径。

国内的一些车型,特别是一些汽车厂生产的微型和轻型客车,适合我国的市场需要,但要达到碰撞试验安全的目标有很大的难度。有关单位经过合作,开展了碰撞试验与高效率的网络并行集群计算相结合的汽车结构改进,初步掌握了自主开发与模拟的计算能力和安全性改进设计,短期内成功达标,获得了巨大的经济效益。这方面工作,许多汽车公司和研究单位结合。清华大学汽车碰撞研究室,先后与北京吉普汽车公司、柳微、昌河、北汽福田和沈阳金杯等公司合作,出色地完成了几个车型的安全性改进设计工作。尤其是在 2002 年短短一年时间里,成功地完成了两种车型的 CAD 建模和 CAE 分析工作,在进行了上百个改进方案的计算,多次模拟碰撞试验和几轮改进和整车碰撞试验后,在工装模具和生产线基本未变动,生产成本基本未增加的情况下,不安装气囊,显著地提高了碰撞安全性,达到了法规的要求。这种低成本、高效率和高难度的改进设计得到了许多外国专家的高度赞赏。上述两个车型分别在 2002 年 7 月与 12 月通过了部级鉴定,鉴定意见指出,这些碰撞模拟计算的研究水平和实际效果在国内居于领先,与国际水平同步。并进一步指出这是符合我国汽车工业现实情况的一条低成本、高效益的技术路线,可以进一步推广应用。这些改进措施均已批量投产,使得工厂获得的效益超过几千万。更重要的是工厂和学校在自主改进设计能力上有了明显的提高。实践工作中,不断的总结出新的经验和理论,如结构的可靠性和碰撞能量吸收作用相结合、在碰撞中的结构变形次序如何控制、乘员空间如何保证等相关等理论。有关项目在 2003 年获得中国汽车工业科技进步二等奖。

1.3 关于安全气囊的发展

在发达的西方国家,气囊已在轿车上普及使用,但在我国尚是开始阶段。我国的微型轿车,如果不安装安全气囊是很难达到法规的要求。所以安全气囊在国产轿车的达标上是一条重要措施,而且根据发展趋势,也必然使用安全气囊。

目前如果需要委托国外进行某车型匹配安全气囊,一般均收取数百万美元,即使匹配成功了,对方也不会将匹配技术全部提供,特别是点火判断的软件,更是保密的;为其他车型匹配时,还另需费用,所以在积极引进配套的时候,也有一些单位自己开发研究发展技术,这是非常可贵的,因为培养独立自主开发配套的能力是非常重要的问题。在成功配套一些车型后,已经取得了部分汽车生产厂家的认可。

气囊匹配的工作,涉及很多方面,需要确定气囊工作的条件如碰撞速度、加速度和配合时

间、抗路面干扰、电磁干扰以及温度、环境、振动和时效等试验,这是气囊厂与主机厂必须做的。但是如何才能认为基本匹配成功,国际上尚未有统一的规定,在实际使用中就会经常出现一些意外情况和争议。

在几年使用中,出现最大的问题是广大的用户不了解,经常不带安全带,而不管汽车碰撞的轻重,都要求气囊工作的错误思想,动不动就打官司,这是个急需解决的问题,否则会影响到我国安全气囊的发展。

1.4 关于新的法规和研究领域

汽车正面整车碰撞试验,是众多的关键试验中的一项,还有侧面碰撞等。因为美国与欧洲法规不统一,试验方法、假人都不一致,目前正在讨论协调,我国和欧洲的汽车法规对比如表 1 所示。但是汽车撞行人的问题,也是我国、美洲以及欧洲的大问题。欧盟在多年前就已经制定了关于保护行人的法规草案,一些国家已经开始实行。我国撞行人问题也比较多。所以制定行人保护法规,在我国尤显重要。现在开始研究也十分必要,一些单位准备开展摩托车和自行车等的安全保护问题,也是十分重要的。大客车座椅等的碰撞安全性研究等,都是十分可贵的。汽车碰撞的研究,不断深入和发展,并走向成熟。开始从满足汽车正面碰撞法规的要求,逐步扩展到侧撞、汽车碰撞行人保护和乘员保护等方面,目前正在制定汽车侧面碰撞乘员防护的认证规定,追尾碰撞中被撞机动车辆结构特性认证规定。

我国和欧洲的汽车法规对比

表 1

编号	内 容	欧洲发布年份	我国实行情况
12	防止转向机构对驾驶员伤害的认证规定	1969 年	已实行
29	商用车辆驾驶室乘员防护认证规定	1974 年	已实行
32	追尾碰撞中被撞机动车辆结构特性认证规定	1975 年	
33	正面碰撞中被撞机动车辆结构性认证(不包括转向轮中心在全车长 1/4 内的汽车)	1975 年	
94	前撞乘员防护认证规定	1995 年	已实行
95	侧撞乘员防护认证规定	1995 年	
34	燃油系统完好规定	1979 年	已实行

2. 道路交通安全技术

根据公安部交管局的数据,2004 年 1 月 7 日至 28 日全国共发生一次死亡 5 人以上特大交通事故 46 起,死亡 390 人,受伤 509 人。与 2003 年相比,分别上升 100%, 111%, 121%, 如图 2 所示。交通安全事故的严重性和破坏性仍然不容忽视。

在这些春运事故中,由于驾驶员和道路状况等原因,汽车冲出公路、桥梁护栏,发生坠落造成重大伤亡的事故比例很大,而我国在这方面的研究工作很薄弱,所以需要加强研究和试验工作,以提高道路安全性能,减小群死群伤的重大事故。

2000 年 7 月 7 日,柳州市一公共大客车驶上东壶桥人行道撞断桥栏杆,坠入柳江,车内 78 人全部遇难。

2003 年 3 月 5 日,一辆载有 53 人的大客车,因雨雪天路滑,弯道上超速行驶失控,坠落路

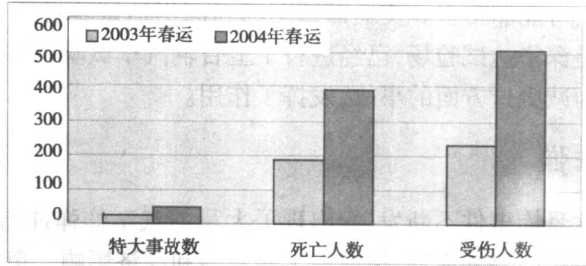


图 2

侧 30 多米深的山崖下,造成 16 人死亡,37 人受伤。

2003 年 6 月 6 日大客车,定员 31 人,实载 46~50 人,下坡转弯路段时,行车速度比较快,进入弯道操作失误,冲出道路翻下 15.6 米山坡后坠落 20 米深的东江中,死亡人数超过 32 人。

2003 年 7 月 10 日,香港屯门公路汀九高架桥上,一双层巴士与一货柜车相撞后撞断约 8 米长的桥梁防撞栏,坠落到 30 米下的山坡上,造成 22 人死亡、20 人受伤。

2003 年 7 月 19 日,贵州省织金县境内一辆大客车,行至来岗湾一处弯道时,由于车速过快冲出路面,翻滚坠下 100 多米悬崖,造成 23 人死亡,21 人受伤,如图 3、图 4 所示。



图 3



图 4

2004 年 2 月 5 日中午,贵州凯里至施秉公路上,一辆载着 17 名乘客的双排座农用车行至凯施公路 4 公里 800 米处附近时翻下 60 米悬崖,造成车上 18 名司乘人员全部当场死亡,其中包括 5 名儿童。

2004 年 2 月 10 日,陕西丹凤县一农用三轮车违规载客 23 人,行至城郊 4 公里南岭半山腰一弯道处,因刹车失灵,驶出道路翻下 40 米山崖,车体严重受损,造成 19 人死亡,4 人受伤如图 5 所示。



图 5

以上仅例举少数几个事故,就可以看到问题的严重性,和血淋淋的事实。我国有多少公路的防护

栏,不符合碰撞的标准,可能非常多。交通部试车场和深华达试验场等,已经开始进行了一些试验,十分宝贵,特别是深华达试验场,已经进行了上百辆汽车试验,其中包括大客车和重型车辆,取得了重要数据,为减少这方面的事故,发挥了作用。

3. 反恐、防汽车炸弹

近年来国际上重大恐怖事件不断发生,出现了大量的汽车炸弹冲击政府要害部门和公共场所发动自杀性爆炸袭击的恐怖活动,造成极大的政治和经济影响。奥运会、世博会等重要会议,对我国的公共安全防范体系提出了更高的要求。

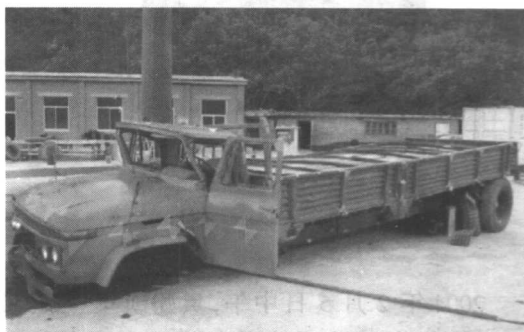
为了能够有效防止这些严重的汽车炸弹事故,清华大学开展了“反恐用机动车辆阻挡装置碰撞实验和数值模拟”项目研究,进行了国内首次实车与路障碰撞实验和先进的模拟计算,通过了部级科技成果鉴定。该阻挡装置已经在我国最重要的单位以及机场等单位使用并取得重要成果。目前,该项目正在进一步的深入研究中。

针对该型车辆阻挡装置产品的模拟计算分析结果,质量为 15t 的卡车以大于 5km/h 的速度与阻挡装置发生碰撞后,前悬架系统遭到破坏,车身与前桥脱离,无法继续前进。计算结果说明阻挡装置能够有效地起到阻挡汽车前进的作用。根据模拟计算的结果,进行实际卡车与车辆阻挡装置的碰撞试验,试验车撞击阻挡装置后,前悬架结构与车身脱离,卡车碰撞后瘫痪在阻挡装置附近无法前进,试验情况见图 6、图 7。

反恐用机动车辆阻挡装置碰撞实验情况



碰撞前的试验车



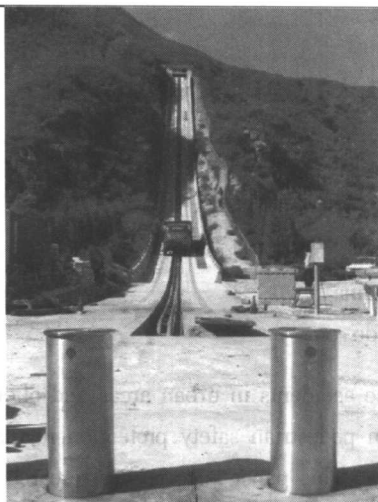
碰撞后的试验车

图 6

该产品经过计算校核和试验验证,已经实际使用在首都国际机场和国家最重要的单位保卫工作中,并在 2003 年 12 月通过了部级鉴定,得到了广泛的重视和高度评价,如图 8。

最近清华大学和第三军医大联合发展了将汽车碰撞过程分析与人体生物工程相结合的研究方向,是一个很好的开端。在国内有些单位也已经做了一些研究工作,取得了成绩,值得肯定。

另外清华大学和一些单位将碰撞和乘员保护研究,发展到其他领域中去,也是很值得赞赏的。



碰撞前的车辆阻挡装置



碰撞后的车辆阻挡装置

卡车撞击阻挡装置后,前桥与车体脱离,整车碰撞后瘫痪,不能继续前进,有效防止了恐怖袭击。

图 7

防恐用机动车辆阻挡装置实际安装使用情况



安装在首都国际机场的可升降阻挡装置



安装在重要单位的可升降阻挡装置

图 8

中国汽车工程学会汽车安全技术专业委员会是在 1995 年在原机械工业部、公安部、交通部、一汽、二汽、天津中国汽车技术中心及高等院校的支持下,特别是学会名誉理事长张兴业先生等直接领导下成立的。每年召开一次全国的学术会议,今年是第八届年会,得到大家长期积极参与和支持,在此表示感谢。中国汽车工程学会汽车安全技术专业委员会即将升为汽车安全技术分会,肯定会发挥越来越大的作用。通过大家努力的工作,将全面提高国产汽车的碰撞安全性,减少汽车碰撞事故的人员伤亡,更快赶上国际发展的步伐。

参考文献

- [1] 黄世霖,张金换,王晓冬等.汽车碰撞与安全.北京:清华大学出版社,2000

Recent Progress in Pedestrian Impact Protection

Zhou Qing(周青), Du Huiliang(杜汇良)and Kong Fanzhong(孔凡忠)

State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy

Department of Automotive Engineering, Tsinghua University

Beijing, 100084, China

zhouqing@tsinghua.edu.cn

Abstract: Car-to-pedestrian collisions are very frequent traffic accidents in urban areas and often lead to severe injuries and fatalities. The initiative of the European pedestrian safety protection regulation has prompted many research efforts in this area during the 1990s. This paper is to review research achievements in pedestrian impact protection, including impact kinematics, injury mechanisms, testing and computer modeling methods, and development of protective measures.

Keywords: Car-to-pedestrian Impact, Pedestrian Safety, Pedestrian Protection, Safety Regulation

1. Introduction

Car-to-pedestrian collisions are one of the main types of traffic accidents in cities. In the European Union more than 7000 pedestrians are killed every year in road accidents (EEVC 1998). In the US, pedestrian fatalities were over 4700 in 2000 (NHTSA 2000). In China, there exists large amount of roads with mix traffic of pedestrians and vehicles in big cities. In 2003, China had 28,000 pedestrian fatalities, about 25% of the total fatalities in traffic accidents (China Traffic Control Bureau 2003).

In car-to-pedestrian collisions, the lower limbs are usually struck first and the pedestrian's head arcs downward to strike the engine hood (or bonnet by European term) surface (see sketch in Fig.1). Head injuries are among the most life threatening form of injury for pedestrians and are predominantly caused by a direct blow to the head. Leg injuries account for more than half of the severe injuries. Although not life threatening, severe knee joint injuries often cause permanent disability.



Fig.1 Sketch of car-to-pedestrian impact

To reduce the pedestrian fatalities, European Enhanced Vehicle-safety Committee(EEVC) working group 17 (WG17) published a proposal concerning the protection of pedestrians from vehicle fronts (EEVC 1998). Based on years of studies, EEVC WG17 recommended component-based test procedures using their specified impactors(Fig.2). Starting from 2005, new vehicle models in Europe will have to meet the Phase 1 pedestrian protection standard, and from 2010, a stricter requirement will have to be met.

Early studies of car-to-pedestrian impact can be traced back to 1970s in the US (MacLaughlin and Daniel 1974) and Europe (Appel et al 1975) and have been continuous since then. Since the 1990s, however, prompted by the EEVC proposal, studies of pedestrian impact protection have had significant progresses. This paper is to review the technology advancement in the area of car-to-pedestrian collisions, pedestrian injuries, research methods, and protective measures.

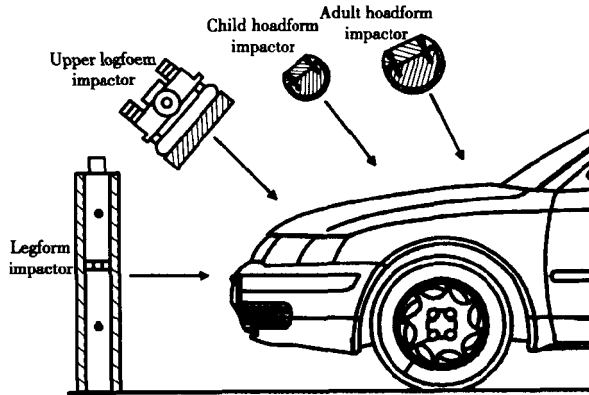


Fig.2 EEVC component tests for assessing pedestrian impact protection

2. Study of Injuries in Car-to-Pedestrian Collisions

Danner et al (1979) analyzed 3000 real world car-to-pedestrian impact accidents and concluded that head and leg injuries were predominant pedestrian injuries. The influence of pedestrian age was clearly confirmed. Elderly adults sustained more fractures of lower limb, pelvis and upper thigh, while children revealed a high incidence of head, torso and upper thigh injuries due to their relative height.

Injuries of pedestrian lower leg and knee joint as the result of impact with bumper are the most frequent injury form. Common injuries include long bone fractures, knee femoral condyle and tibial condyle fractures, knee ligament tearing and rupture, etc. Lateral shearing and bending have been recognized as the two most important injury mechanisms (Nyquist et al 1985, Kajzer et al 1997, Kajzer et al 1999).

Under a high speed (i. e. 40 km/h) lateral impact, a study by Kajzer et al (1997) using cadavers found that the bending angle of 15° to the knee joint produced ligament avulsion failure and angle of 16° caused diaphysis/metaphysis failure. Under shearing, a displacement of 16 mm produced epiphysis failure and 28 mm caused diaphysis/metaphysis failure. Kajzer et al (1999) reported results from 5 tests performed in shear and 5 bending using cadaver limbs loaded at 20 km/h with a test apparatus similar to that used in their high speed tests (Kajzer et al 1997). They found that at slower impact rates a higher incidence of ligamentous damage within the knee joint was produced, while at higher speeds, lower limb injuries were dominated by fractures.

A recent joint study by University of Virginia and Honda R&D (Bhalla et al 2003) found that knee bending tests are capable of reproducing real world pedestrian injuries. Pure shear of the knee joint is an extreme case that does not occur in real world pedestrian crashes. A more recent study using cadavers by the same group in University of Virginia (Bose et al 2004) further concluded that the real world pedestri-