

研究报告

儿童乘员约束系统研究现状与展望

方园, 吴光强

(同济大学汽车学院, 上海 201804)

[摘要] 儿童乘员约束系统也称儿童安全座椅, 是一项新兴的研究领域。随着儿童乘员数量的上升, 对于能够有效地保护儿童乘员安全的约束系统的研究具有特殊的重要意义。介绍了儿童乘员约束系统与成人乘员约束系统在分类和组成上的区别, 以及相应的发展和健全的安全法规; 展望了先进的设计理论、计算机仿真技术应用和系统型研究策略给儿童乘员约束系统研究开辟的前景。

[关键词] 儿童乘员约束系统; 安全座椅; 台车试验; 伤害评价指标; 评价程序

[中图分类号] U491.6*1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2006)08-0081-05

1 引言

随着经济的发展, 我国城市汽车保有量逐年上升。国家统计局的统计数据表明, 截至2003年底, 我国私人乘用车已达845.87万辆。汽车被动安全性概念开始逐步深入中国社会, 常见的被动安全装置是车载安全带和以安全气囊为主的成员约束系统。

儿童和成人在身体结构上有显著的差异, 成人乘员约束系统的安全措施不适合儿童。据交通部门的不完全统计, 在我国交通事故受害者中, 儿童乘员占10%以上, 其中就包括了有安全气囊导致低龄儿童乘员致死的相关报告^①, 交通意外已经成为危害儿童生命安全的“第一杀手”。在美国, 仅

1999年就有1 135名10岁以下儿童乘员因没有使用或没有正确使用儿童专用约束系统而死亡; 由于交通事故每天有3名儿童死亡、500名儿童受伤, 儿童乘员死亡率高达十万分之三^[1]。因此, 对儿童乘员约束系统(CRS)的研究具有特殊重要意义。

2 儿童乘员约束系统概述

包括儿童安全座椅、安全带和定位连接装置的儿童乘员约束系统, 通过限制儿童的活动来降低发生碰撞和突然减速受到伤害的风险。

2.1 儿童乘员约束系统分类

儿童乘员约束系统按其适用车型分类见表1。

儿童乘员约束系统按使用者不同分类见表2。

表1 儿童乘员约束系统分类^[2,3]

Table 1 Classification of CRS by the type of vehicles

类型	适用车型	说明	安装位置
全能型	多数乘用车座椅*	车用成人安全带要符合 ECE R16 标准	前、后座椅均可安装
限制型	特定车型的指定座椅**		
半全能型	大多数乘用车座椅	车用成人安全带要符合 ECE R14 标准且需要有附加定位装置	安装所有乘坐位置上, 包括行李厢
特种型	针对特殊车型设计	集成设计于汽车成人乘员约束系统	

* 通过乘用车构造一致性标准的审核; ** 由儿童乘员约束系统生产商或汽车生产商指定

① 公安部交通管理局. 中华人民共和国道路交通事故统计资料汇编, 2003

[收稿日期] 2005-11-07; 修回日期 2006-01-09

[作者简介] 方园(1980-), 女, 江西南昌市人, 同济大学汽车学院硕士

表2 儿童乘员约束系统分类^[4]

Table 2 Classifications of CRS by child's age

名称	使用方式	适用人群
后向婴儿床	平躺	Group 0 (< 10 kg) 6~9个月
		Group 0+ (< 13 kg) 12~15个月
前向儿童椅	半卧	Group I (9~18 kg) 9个月~4岁
增高座椅	端坐	Group II (15~25 kg) 4~6岁
增高坐垫	端坐	Group III (22~36 kg) 6~11岁

2.2 儿童乘员约束系统组成

儿童乘员约束系统由儿童安全座椅或座垫、连接固定系统和安全带系统三部分组成。儿童安全座椅或座垫包括座椅支撑、儿童支撑和调节装置，连接固定系统包括约束定位装置和连接装置，安全带系统包括织带、卷收器、锁扣和长度调整机构。其组成示意图见图1。

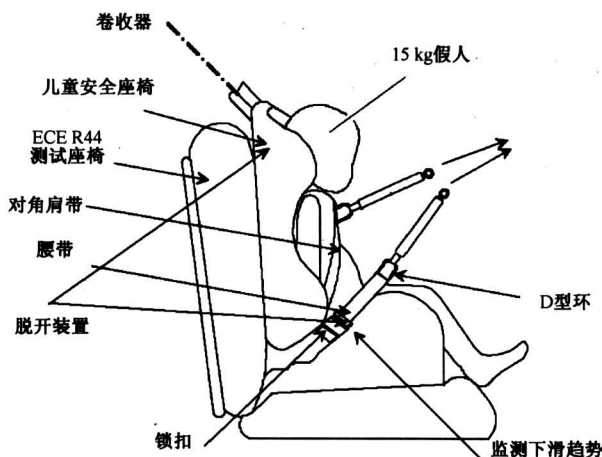


图1 儿童乘员约束系统

Fig.1 Child restraint systems

2.3 儿童乘员约束系统的安全保护作用

儿童乘员约束系统应在乘用车以下各种状况下保护儿童的安全：

- 1) 前向碰撞或急刹车时，能有效阻止儿童身体向前急速运动，避免二次碰撞，更不能因为约束系统的定位不佳而向前滑动；
- 2) 侧向碰撞时，靠背侧翼和头枕侧翼能有效地保护儿童的躯干和头部；
- 3) 后向碰撞时，靠背和头枕能承托儿童的躯干和头部，避免儿童颈部损伤；
- 4) 侧翻时，儿童身体及约束系统只有少许移位，绝对不能松脱；
- 5) 儿童睡觉时，座椅侧翼能保证儿童身体不

会严重歪斜，以免碰撞时受到伤害。

3 儿童乘员约束系统研究现状

美国 NHTSA 在 2000 年发表的儿童乘员约束系统计划书中提出了“Every child correctly restrained in an appropriate CRS on every trip”的倡议^[5]，初步包含了 3 个基本策略：**a.** 加大儿童乘员约束系统的使用范围，保证正确使用；**b.** 提高对现有儿童乘员约束系统的性能要求和试验要求；**c.** 建构更为先进的信息交流机制，促进儿童乘员约束系统合理商业流通。

目前世界各国对儿童乘员约束系统的研究主要集中在约束系统设计、分析试验方法、评价标准以及正确使用等 4 个方面：

1) 儿童乘员约束系统的设计必须兼顾材料力学、人体工程学、儿童心理学等多方面因素，达到最佳的安全性能。主要工作包括：安全带的结构形式、布置方式、佩戴舒适性和适用范围；研究新型适用的安全带，如预紧式安全带、限力式安全带；研究合理可靠的儿童乘员约束系统定位装置；发展低能量气袋，减少气袋对儿童乘员的伤害；智能保护系统（如儿童安全门锁等）等 5 个方面的研究。

2) 试验方法的优化研究。包括用于保证分析可靠性方面的假人模型的选择、试验座椅总成的调整、台车冲撞试验脉冲的优化^[6]，侧面碰撞和后面碰撞的安全性能分析，以保证分析的完整性^[7]。

3) 评价标准的研究。包括对假人伤害评价指标的完善和对约束系统性能评价指标的完善。前者主要是在现有的伤害指标基础上，借鉴成人乘员约束系统的评价标准，为儿童乘员约束系统提出了更为详细的伤害标准^[8]；后者是指增加以提高使用便利性为目的的新评价标准，更好地推广儿童乘员约束系统的使用^[9,10]。

4) 基于整车的定位和安装方面的研究与分析。事实证明，合理、可靠、正确的使用和安装方式，可以保证儿童约束系统起到有效的保护作用^[11,12]。

在我国，对儿童乘员安全性问题还没有受到广泛的重视。该领域的主要工作应集中在儿童安全系统的推广，并借鉴国外儿童乘员约束系统的研究理论进行儿童安全座椅的设计和生产。

4 儿童乘员约束系统法规

相对于其他乘用车碰撞法规，儿童乘员约束

系统法规起步较晚，发展也不完善。目前已实施的仅有 Euro NCAP 评定程序，欧盟儿童约束装置 (ECE R44) 和美国儿童乘员约束系统 (FMVSS No.213)。其他国家的安全机构，如日本的 NCAP、澳大利亚的 CREP 等，都在陆续制定和完善该项法规。

4.1 碰撞试验规范

儿童乘员约束系统的碰撞试验分为正面碰撞、后面碰撞和侧面碰撞，主要针对碰撞环境、车速等进行了一系列的规定，详见表 3。

表 3 ECE R44 与 FMVSS No.213 试验方法比较

Table 3 Comparison of test method between ECE R44 and FMVSS No.213

碰撞类型	ECE R44 ^[2,3]	FMVSS No.213 ^[4]
车速 / km·h ⁻¹	50 $\begin{smallmatrix} +0 \\ -2 \end{smallmatrix}$	标准台车试验: 48 高速台车试验: 56 实车试验: 48
正面碰撞	手推车配测试座椅: A*	标准台车试验: E
	手推车配实车: A & C 实车壁障试验: C	高速台车试验: F 实车试验: G
停止距离 / mm	650 ± 50	
假人模型	Hybrid II 3-year-old Hybrid II 6-year-old	
车速 / km·h ⁻¹	30 $\begin{smallmatrix} +2 \\ -0 \end{smallmatrix}$	
后面碰撞	手推车配测试座椅: B	
	手推车配实车: B & D 实车壁障试验: D	正在研发中
停止距离 / mm	275 ± 25	
假人模型		
侧面碰撞	车速 / km·h ⁻¹	标准试验: 24 和 32; 附加试验: 32
	撞击角度 / (°)	标准试验: 90; 附加试验: 45 和 90
	假人模型	Hybrid III 3-year-old

* A ~ G 表示法规规定的碰撞脉冲，详见 FMVSS No.213 和 ECE R 44

4.2 安全性指标

儿童乘员约束系统的安全评价指标通过头部、腹部和膝盖部分的人体伤害来评价安全保护性能，具体指标和评定值见表 4 和图 2。

图 2 各项指标适合于全能型、限制型和半全能型。对于特殊型儿童乘员约束系统，做实车试验时要求儿童的头部与车体的任何部位都不要接触；一旦接触，其冲击速度也要小于 24 km/h。

表 4 ECE R44 与 FMVSS No.213 安全性指标比较

Table 4 Comparison of safety index between ECE R44 and FMVSS No.213

项目	ECE R44 ^[2,3]	FMVSS No.213 ^[4]
头部伤害准则 HIC		1 000 _{unlimited}
胸部合成加速度 / g	55 (< 3 ms)	Hybrid II 3-year-old: 60 Hybrid II 6-year-old: 80 有限位: 720 无限位: 813
头部位移 / mm	见图 2	
膝盖位移 / mm		915
腹部渗透量	无明显渗透	

5 儿童乘员约束系统研究展望

5.1 现代设计理论在儿童乘员约束系统中的应用

目前，以虚拟产品开发技术为主要特点的现代设计理论已逐步深入汽车设计和生产中，显现出其在降低生产成本和提高设计效率方面的卓越贡献。

例如，参数化设计理论为 CRS 的设计提供了更为便捷可靠的设计平台；拓扑优化理论为 CRS 在设计的基础上有针对性地进行多目标优化；逆向工程为 CRS 的设计开辟了新的途径，特别适用于对现有模型的改进设计，等等。

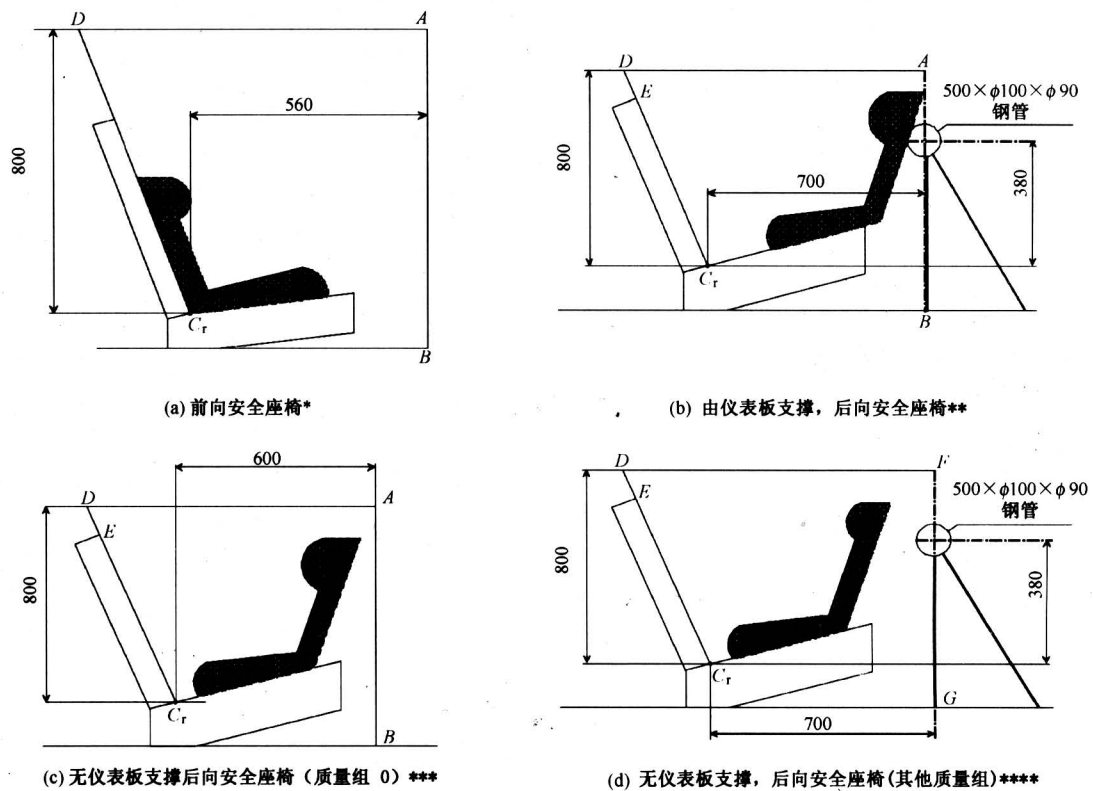
随着先进设计理论深入儿童乘员约束系统的设计，这项新兴的被动安全产品的开发将更为可靠和高效。

5.2 计算机仿真技术的应用分析

随着有限元理论的日益成熟，汽车碰撞过程计算机仿真已成为汽车碰撞安全性分析与改进的重要方法。将计算机仿真技术运用于儿童乘员约束系统的分析研究已成为必然，其主要难点在于设计碰撞专用儿童假人和台车试验用的试验车的数据模型，并建立相应的模拟评价平台。在此基础上，借助现有的汽车碰撞和乘员保护的虚拟碰撞仿真，可以仿真各种法规所规定的安全性试验，对儿童乘员约束系统进行多个参数的客观评价，有效地降低设计成本。计算机仿真方法与传统试验方法的有机结合，将给儿童乘员约束系统的研究开辟更广阔的空间。

5.3 系统型研究策略的应用开发

作为新兴的研究领域，儿童乘员约束系统的研究需要社会更多的关注和投入。在我国，儿童乘员约束系统的使用尚未普及，相应的法规尚未拟定，这与我国儿童乘员日益增多的状况严重不符，不仅无法对儿童乘员进行有效的保护，也制约了儿童乘员约束系统的开发和生产。



* 假人头部不超过 AD 和 AB 定义的平面范围; ** 假人头部不超过 AD 和 DC 定义的平面范围;

*** 假人头部不超过 AB , AD 和 DE 定义的平面范围; **** 假人头部不超过 DF 和 DE 定义的平面范围。

图 2 ECE R44 头部位移指标 (尺寸单位 mm)

Fig.2 Head excursion in ECE R44

作为车用被动安全防护装置, 儿童乘员约束系统研究不是一个孤立的课题, 它需要与汽车生产更为紧密的联合开发, 最大程度地发挥儿童乘员约束系统的安全保护作用。这个系统型的联合体现在包括概念提出、初步设计、试验验证、结构改进和产品生产的整个开发过程。

儿童乘员约束系统的研究策略将是一个包括社会安全意识和汽车生产在内的系统型策略。在不久的将来, 安全保护性能更卓越、结构更轻巧、适用范围更广的儿童乘员约束系统将适应市场需要而应运而生, 儿童乘员约束系统会在我国的汽车安全系统中得到长足的发展。

参考文献

- [1] Gotschall C. NHTSA's draft child restraint systems Safety Plan [R]. January 2000
- [2] Economic Commission of Europe Regulation 44, Version 1 [S]. June 1998
- [3] Economic Commission of Europe Regulation 44, Revision 1 - Amendment 4[S]. February 2004
- [4] FMVSS 213: Child restraint systems, final rules [R]. 49 CFR Parts 571 (Docket No. NHTSA - 03 - 15351) RIN 2127 - A134
- [5] Existing and future US child restraint safety standards [A]. SAE Government-Industry Meeting [C]. May 2001
- [6] Office of regulatory analysis and evaluation plans and policy [A]. Proposed Amendment to FMVSS 213 Frontal Test Procedure[C]. February 2002
- [7] Office of regulatory analysis and evaluation plans and policy[A]. Advanced Notice of Proposed Rulemaking to Add A Side Impact Test to FMVSS 213 [C]. February 2002
- [8] A dynamic safety rating program for child restraint systems and review of comments [A]. Government-Industry Meeting [C]. May 15, 2002
- [9] Miller L. Safety rating program for child restraint systems [A]. SAE International Government-Industry Meeting [C]. May 13-15, 2002
- [10] FMVSS 225: Child restraint anchorage systems. Notice 2 [R]. 49 CFR Parts 571 and 596 [Docket No. 98 - 3390] RIN 2127 - AG50. September, 1999

- [11] Rudin-Browna C M. Usability Issues Concerning Child Restraint System Harness Design [R]. December 2001
- [12] Decina L E, Lococo K H. Child Restraint System Use and Misuse in Six States [R]. January 2005

Present Situation and Future Prospects of Child Restraint Systems for Vehicles

Fang Yuan, Wu Guangqiang

(Automotive Department, Tongji University, Shanghai 201804, China)

[Abstract] Child restraint system (CRS) is a new study field in the world. Especially in China, the CRS research is particularly meaningful with the rapid growth of the number of child passengers. The amendment and optimization on the regulations of CRS are brought out based on the distinction between CRS and occupant safety systems. The application of advanced design theory, the technology of computer simulation and the systematical analysis strategy will bring a new prospect for the development of CRS.

[Key words] child restraint system; safety chair; sled test; injury criteria; rating program

(上接第 49 页)

- [3] 詹原瑞. 确定信息与控制价值的正确方法[J]. 控制与决策, 1995, (4): 335 ~ 342
- [4] 詹原瑞. 影响图理论方法与应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 1995
- [5] 张红兵, 赵杰煜, 罗雪山. 影响图的信息值分析[J]. 系统工程与电子技术, 2004, (4): 440 ~ 443

The Method of Calculating the Value of Perfect Information Based on the Influence Diagram

Liu Yanqiong, Chen Yingwu

(School of Information System & management, National University of Defence Technology, Changsha 410073, China)

[Abstract] The problem of calculating the value of perfect information based on the decision tree is analyzed. Then, the article presents that the value of perfect information could be described by the information arc in the influence diagram. Also, the definition of the Howard canonical form is modified. Last, how to calculate the value of perfect information based on the influence diagram is analyzed systematically.

[Key words] value of perfect information; influence diagram; Howard canonical form