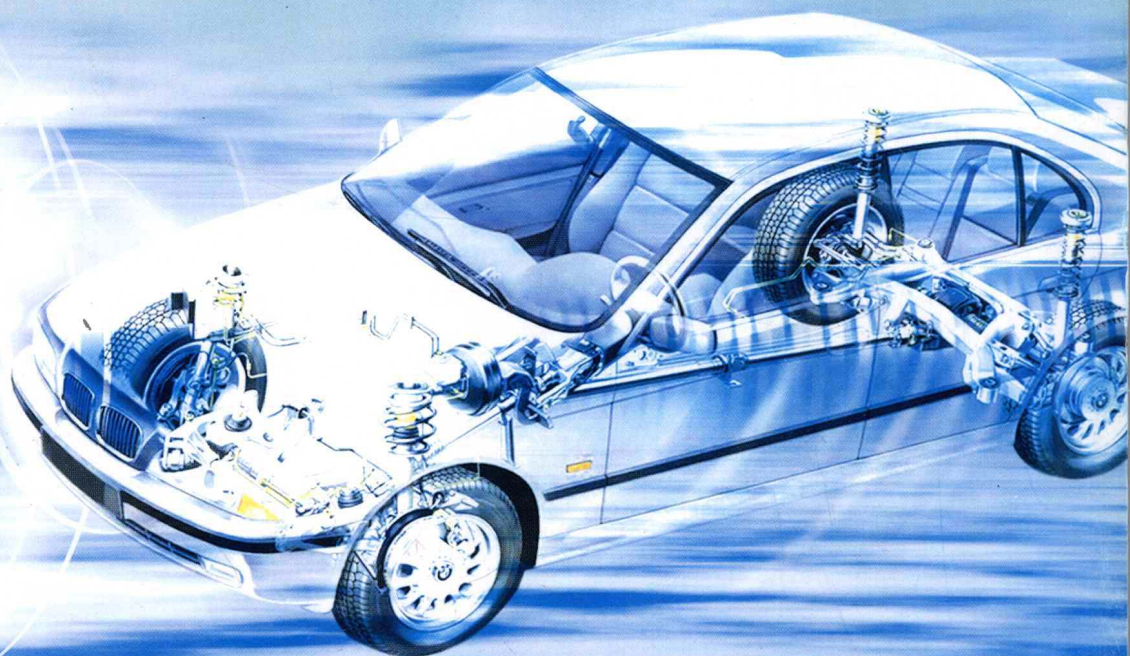


“汽车先进的整车与总成开发技术跟踪和研究”

研 究 报 告

（第一期）



**中国汽车技术研究中心
汽车先进的整车与总成开发技术跟踪和研究 课题组
2007年7月**

“汽车先进的整车与总成开发技术跟踪和研究”

研 究 报 告

(第一期)

编撰人员:

周 荣	郭千里	孟 岩
潘建亮	徐大伟	曹中义
鲁守卫	潘增友	李新波
陈海峰	夏青松	袁庆强
李 征		

中国汽车技术研究中心

汽车先进的整车与总成开发技术跟踪和研究 课题组

2007 年 7 月

目 录

1	世界汽车安全标准和技术法规的跟踪研究.....	1
1.1	汽车安全技术以及安全性标准和技术法规的概述.....	1
1.2	汽车主动安全性标准和技术法规的比较研究及其发展.....	2
1.2.1	灯光照明系统.....	3
1.2.2	制动系统.....	6
1.2.3	主动安全法规的发展.....	9
1.3	汽车被动安全性标准和技术法规的比较研究及其发展.....	9
1.3.1	碰撞安全标准.....	10
1.3.2	行人碰撞保护法规.....	16
1.3.3	评价规程 NCAP.....	17
1.3.4	儿童约束系统法规.....	20
1.4	中国汽车安全性法规的发展趋势.....	22
2	世界混合动力汽车技术的跟踪研究报告.....	23
2.1	混合动力汽车概念.....	23
2.2	混合动力车辆分类.....	23
2.3	油电混合动力汽车.....	24
2.3.1	微混合动力系统.....	24
2.3.2	轻度混合动力系统.....	25
2.3.3	完全混合动力系统.....	26
2.3.4	插电式混合动力系统.....	27
2.3.5	双模式混合动力系统.....	32
2.3.6	混合动力车型介绍.....	34
2.4	液压混合动力汽车.....	35
2.4.1	液驱混合动力汽车的分类.....	35
2.4.2	液驱混合动力汽车的研究状况.....	37
2.5	压缩空气/燃油混合动力汽车.....	38
2.5.1	空气利用的串联方式.....	38
2.5.2	空气利用的并联方式.....	39
2.5.3	空气利用的混联方式.....	39
2.5.4	压缩空气-燃油混合动力节能效果.....	40
2.6	混合动力发展前景展望.....	40
3	世界燃料电池汽车的跟踪研究.....	42
3.1	燃料电池汽车发展概述.....	42
3.2	燃料电池和燃料电池汽车.....	43
3.2.1	燃料电池.....	43
3.2.2	燃料电池汽车.....	45
3.3	国内外最新发展动态.....	46
3.3.1	国外各大汽车厂商的研究进展.....	46
3.3.2	国内研究进展.....	54
3.4	发展燃料电池汽车所面临的问题.....	56
4	汽车轻量化发展跟踪研究.....	58
4.1	汽车轻量化概述.....	58

4.2	铝合金.....	59
4.2.1	铝合金特性.....	59
4.2.2	汽车铝合金普及应用.....	60
4.2.3	汽车铝合金应用前沿成果.....	60
4.3	镁合金.....	63
4.3.1	国外汽车镁合金发展状况.....	63
4.3.2	中国汽车镁合金发展状况.....	67
4.4	塑料.....	68
4.4.1	汽车塑料特性及使用环境.....	68
4.4.2	汽车塑料主要应用情况.....	70
4.5	高强度钢.....	73
4.5.1	高强度钢研究项目.....	73
4.5.2	车用高强度钢板种类.....	74
4.5.3	车用高强度钢板使用要求及应用.....	74
4.5.4	宝钢高强度汽车板.....	75
5	汽车发动机技术发展跟踪报告.....	76
5.1	电子技术成为发动机技术前进的原动力.....	76
5.1.1	汽油机的燃油电子喷射.....	76
5.1.2	汽油机点火和管理系统.....	76
5.1.3	汽油机的可变气门定时和升程系统.....	76
5.1.4	柴油机的高压共轨喷射和可预喷的泵喷嘴技术.....	77
5.1.5	喷嘴截面可调的增压器.....	78
5.1.6	废气再循环技术.....	78
5.2	发动机燃料多样化发展.....	79
5.2.1	醇类燃料.....	79
5.2.2	二甲基醚.....	80
5.2.3	天然气.....	80
5.2.4	植物油.....	80
5.2.5	人造汽油和柴油.....	80
5.3	九项发动机高新技术具体介绍.....	80
5.3.1	提高发动机热效率的涡轮蒸汽机新技术.....	80
5.3.2	汽油机缸内直喷技术FSI.....	81
5.3.3	丰田可变配气正时控制机构(VVT-i).....	83
5.3.4	绅宝可变压缩比发动机技术.....	83
5.3.5	大众涡轮增压和机械增压相结合的增压技术.....	84
5.3.6	伊顿研制新一代涡轮增压器.....	84
5.3.7	日本马自达氢气转子发动机.....	84
5.3.8	俄罗斯专家改进火花塞结构提高汽油发动机性能.....	85
5.3.9	NTN 开发发动机滚针轴承新技术.....	85
5.4	未来发动机在理论上的发展.....	86
6	汽车电子技术跟踪报告.....	88
6.1	汽车电子技术应用现状.....	88
6.1.1	线控技术DBW.....	89
6.1.2	CAN 总线网络.....	89

6.1.3	汽车巡航控制系统 CCS	90
6.1.4	汽车导航系统 GPS	92
6.1.5	汽车电控制动系统 EBS	93
6.1.6	乘员感知系统 OPDS.....	94
6.1.7	移动多媒体系统.....	94
6.1.8	电气系统电压升级.....	95
6.2	汽车电子技术应用的发展趋势.....	95
6.2.1	传感器技术.....	95
6.2.2	微处理机技术.....	96
6.2.3	软件新技术应用.....	96
6.2.4	智能汽车及智能交通系统（ITS）的研究及应用	96
6.2.5	多通道传输技术.....	96
6.2.6	数据传输载体方面的电子新技术应用	96
6.2.7	汽车车载电子网络.....	97

1 世界汽车安全标准和技术法规的跟踪研究

1.1 汽车安全技术以及安全性标准和技术法规的概述

随着社会经济的发展，汽车已经成为人类社会中所不可缺少的交通和运输工具。当今世界，汽车安全、环保与节能成了汽车发展的三大课题。汽车的安全性是汽车运行中一个极为重要的性能。汽车安全性分为三大部分：主动安全性、被动安全性和防火安全性。

汽车主动安全性，是指事故将要发生时操纵制动、转向，防治事故发生的能力，以及汽车正常行驶时保证其动力性、操纵稳定性、驾驶舒适性、信息正常的能力。它可以分为行驶安全性、环境安全性、感觉安全性和操作安全性。主要包括汽车灯光照明、各种指示信号、驾驶员视野、制动、转向、悬架以及轮胎等。

汽车被动安全性，是指在汽车中采取一系列技术措施，使得安全事故发生时，可最大限度的降低和防止对人员的伤害。它可以分为车内乘员安全和车外行人保护两方面。主要包括车身结构、安全玻璃、座椅、乘员约束系统以及安全气囊等。

汽车防火安全性，是指预防汽车火灾发生和发生火灾后防止蔓延扩大的能力。包括燃料系统防火安全性以及汽车内饰的燃烧特性等。

与汽车安全技术发展相对应的就是汽车安全标准和法规的发展。当前，世界上主要的汽车法规有美国汽车法规、欧洲汽车法规、日本汽车法规这三大汽车法规体系，其中尤以美国和欧洲的汽车法规为主。汽车技术法规做为政府管理汽车产品的技术依据，产生于 20 世纪 50 年代，经过几十年的发展，世界上国家的、区域的、双边的或多边的法规体系有多种。欧洲各国的汽车法规起步较早，50 年代初一些国家就对制动、灯光、排放等制定了自己的国家法规，但各国的技术要求、实验方法等不统一，影响了各国之间的自由贸易和欧洲大陆间的运输，于是欧洲经济委员会（Economic Commission for Europe）于 1958 年签订了第一份关于各国之间相互承认批准的协议，并在此基础上制定了一套机动车法规（ECE），由 UN/ECE/WP29 负责运作。美国是联邦制国家，各州均有立法权，因此美国联邦政府根据国会通过的有关法律，制定了有关汽车安全、环保和节能方面法规，联邦法规集中的 49 卷第 571 部分是根据《国家交通及机动车安全法》制定的一套联邦汽车安全法规（FMVSS），也就是美国的汽车安全法规。美国体系使法规 and 标准（ANSI、SAE、ASTM）既紧密相连又相互分离，在法规中大量借用了标准的内容。日本汽车技术法规比较特别，早期的安全法规只有基本的要求，而如何判定汽车产品是否符合法规要求还有具体的技术标准和型式认证试验规程，构成

了型式认证的技术法规体系，随着汽车技术的发展，日本的汽车法规充分吸收了 FMVSS 和 ECE 的内容，形成了一套先进的、独具特色的法规体系，其技术内容比较接近美国。

汽车技术法规有效控制了汽车给社会带来的消极影响，同时促使企业开发、生产更为安全、清洁、低能耗的汽车，促进了整个汽车工业的发展和技术进步。

1.2 汽车主动安全性标准和技术法规的比较研究及其发展

目前，世界上许多国家都制定了相关的汽车安全法规和标准，其中影响最大的是美国的 FMVSS 法规标准，欧洲安全性法规标准的建立是为了适合欧洲各国的需要而建立起来的，而中国又是以欧洲的安全标准为参照的。下面表 1.1、表 1.2 和表 1.3 分别介绍了美国、欧洲和中国的安全法规结构体系。

表 1.1 美国 FMVSS 汽车安全技术法规结构体系

主动安全（共计 26 项）								
控制器和显示器	风挡玻璃	后视镜	制动系统	轮胎与轮辋（含翻新轮胎）	灯光信号装置	罩盖锁及防盗装置	校车行人安全装置	加速器控制、电动车窗、车顶、变速杆等
2 项	2 项	1 项	6 项	7 项	2 项	2 项	1 项	3 项
被动安全（共计 23 项）								
安全带与约束系统	座椅及头枕	碰撞防护	车辆侧倾防护	玻璃材料、风挡玻璃的安装及前视野	门锁及车门固定部件	校车车身联接强度	摩托车头盔	大客车的紧急出口
4 项	3 项	7 项	2 项	3 项	1 项	1 项	1 项	1 项
一般安全（包括防火安全，共计 7 项）								
燃料系统的完好性		内饰材料的阻燃性		FMVSS401 乘用车行李箱内部开启结构		FMVSS500 低速车辆		
4 项		1 项		1 项		1 项		

表 1.2 欧洲 ECE 汽车安全技术法规结构体系

主动安全及一般安全（共计 69 项）									
灯光	制动	防盗	轮胎	视野	操纵控制件与信号装置	安全玻璃	车身结构	火灾预防	其他
37 项	4 项	2 项	8 项	3 项	3 项	1 项	5 项	1 项	5 项
被动安全（共计 25 项）									
车辆侧倾防护		门锁和车门保持件		内外突出物		座椅、安全带和头枕		碰撞防护	
2 项		1 项		3 项		6 项		13 项	

表 1.3 中国汽车安全技术法规的结构体系

主动安全（26 项）		被动安全（24 项）			一般安全（24 项）		
照明和光信号装置	制动、转向和轮胎	座椅、门锁、安全带及凸出物	车身、碰撞防护	防火	视野	指示和信号装置	车辆结构与防盗
13 项	6 项	9 项	10 项	3 项	6 项	5 项	9 项

通过以上美国、欧洲以及中国的汽车安全技术法规结构体系的比较不难发现，在汽车主动安全技术法规方面，制动系统、灯光照明装置、视野（包括风挡玻璃和后视镜）以及轮胎是主动安全的重点。

下面主要介绍关于汽车主动安全性的灯光照明装置和制动系统方面的法规标准。

1.2.1 灯光照明系统

汽车灯具主要分为照明和信号装置。照明装置主要是前照灯和前雾灯；信号装置主要是位置灯、转向信号灯、制动灯、倒车灯、后雾灯及反射器等。目前汽车灯光标准法规体系主要是欧美两大体系，两大灯光体系对灯具的要求都包括：

（1）灯具的安装要求；（2）灯具的配光要求。美国关于汽车灯光方面的法规主要是 FMVSS108—灯具、反射装置和辅助设备，该法规当中有许多是引用了 SAE 中的灯光标准，这在 FMVSS108 中对不同车型应安装的灯具的数量、位置、光色及对应采用的 SAE 标准作了规定，并且其中还包括了对灯具的安装做出了具体的规定。欧洲 ECE 灯光法规，除了 ECE R48 专门对整车的灯具安装提出要求外，其他有许多法规是对灯具作为零部件的规定，技术内容主要是光度和色度，而不是安装方面的要求。中国关于灯光方面的法规标准都是参照欧洲 ECE 法规标准制定的，但是其中也考虑进了中国使用的情况，下面把欧、美、中三国关于灯具方面的法规标准对比如下表 1.4 所示：

表 1.4 欧美中三国灯具法规标准的对比

名称	项目	欧洲 ECE 法规	美国 FMVSS108 法规	中国 GB 4785
远光前照灯	安装要求	汽车必装：2 只或 4 只 挂车禁止使用	汽车必装：2 只 挂车无要求	汽车必装：2 只或 4 只 挂车禁止使用
	光色	白色	白色	白色
	几何可见角度	发光区域与前照灯基准轴线的夹角不小于 5°	同 ECE 标准	同 ECE 标准
	光度 白炽	HV 点：≥32lx(20000cd)	φ 178 mm 2 型 20000—75000cd	同 ECE 标准

名称	项目	欧洲 ECE 法规	美国 FMVSS108 法规	中国 GB 4785
	卤钨	HV 点: $\geq 48lx(30000cd)$	$\phi 146mm$ 1 型 18000—60000cd	
近光前照灯	安装要求	汽车必装: 2 只 挂车禁止使用	汽车必装: 2 只 挂车无要求	汽车必装: 2 只 挂车禁止使用
	光色	白色	白色	白色
	几何可见角度	水平: 向内 10° , 向外 45° 垂直: 向上 15° , 向下 10°	同 ECE	同 ECE 标准
	光度	有明暗截止线, 亮区至暗区陡变, 最小发光强度要求为 1cd	无明暗截止线, 亮区至暗区渐变, 最小发光强度要求为 1cd	同 ECE 标准
前雾灯	安装要求	汽车选装: 2 只 挂车禁止使用	无要求	汽车选装: 2 只 挂车禁止使用
	光色	白色或黄色		白色或黄色
	几何可见角度	水平: 向内 10° , 向外 45° 垂直: 向上、向下均为 5°	水平: 向内 10° , 向外 45° 垂直: 向上、向下均为 5°	同 ECE
	光度	暗区(A、B): $\leq 1.0lx(625cd)$ 亮区(D): $\geq 1.5lx(937cd)$		同 ECE
后雾灯	安装要求	汽车必装: 1 只或 2 只	无要求	汽车必装: 1 只或 2 只
	光色	红色		红色
	几何可见角度	水平: 向内、向外均为 25° 垂直: 向上、向下均为 5°	水平: 向内、向外均为 25° 垂直: 向上、向下均为 5°	同 ECE
	光度	在 H-H 线上左右 10° 和 V-V 线上下 5° 之间最小 150cd		同 ECE
前位灯	安装要求	汽车和宽度大于 1600mm 的挂车必装: 2 只, 其他挂车选装	无要求	汽车和宽度大于 1600mm 的挂车必装: 2 只, 其他挂车选装
	光色	白色		白色
	几何可见角度	水平: 向内 45° , 向外 80° 垂直: 向上、向下均为 15°	水平: 向内 45° , 向外 80° 垂直: 向上、向下均为 15°	同 ECE
	光度	HV 点: 4cd~60cd 或 4cd~100cd(与前照灯混合)		同 ECE
后位灯	安装要求	必装: 2 只	必装: 2 只	必装: 2 只
	光色	红色	红色	红色
	几何可见角度	水平: 向内 45° , 向外 80° 垂直: 向上、向下均为 15°	水平: 向内 45° , 向外 45°	同 ECE
	光度	HV 点: 4cd~12cd	HV 点: 2.0cd~18cd	HV 点: 4cd~12cd
前转	安装要求	必装: 2 只	必装: 2 只	必装: 2 只

名称	项目	欧洲 ECE 法规	美国 FMVSS108 法规	中国 GB 4785
向信号灯	光色	琥珀色	琥珀色	琥珀色
	几何可见角度	水平:向内 45°, 向外 80° 垂直:向上、向下均为 15°	水平: 0~45°	同 ECE
	光度	HV 点:1 类: 175cd~700cd 1a 类: 250cd~800cd 1b 类: 400cd~860cd	HV 点: 200cd	同 ECE
后转向灯	安装要求	必装: 2 只	必装: 2 只	必装: 2 只
	光色	琥珀色	琥珀色	琥珀色
	几何可见角度	水平:向内 45°, 向外 80° 垂直:向上、向下均为 15°	水平: 0~45°	同 ECE
	光度	HV 点:2a 类: 50cd~350cd 2b 类(白昼): 175cd~700cd 2b 类(夜晚): 40cd~120cd	HV 点:红色: 80cd~300cd 琥珀色: 130cd~750cd	同 ECE
制动灯	安装要求	必装: 2 只	必装: 2 只	对 S1 或 S2 类装置: 必装: 2 只; 对 S3 类装置:选装 1 只
	光色	红色	红色	红色
	几何可见角度	水平:向内、向外各为 45° 垂直:向上、向下均为 15°	水平:向内、向外各为 45°	S1、S2 类装置同 ECE S3 类: 水平:向内、向外各为 10° 垂直:向上 10°、向下 5°
	光度	HV 点: 一个照明级: 40cd~100cd 两个照明级: 白天: 130cd~520cd 夜晚: 30~80cd	HV 点: 80cd~300cd	同 ECE
驻车灯	安装要求	长度不大于 6m 和宽度不大于 2m 的汽车选择,其他车辆禁用:车前车后各 2 只,或车两侧各 1 只	总宽不超过 2032 mm 的乘用车、多用途车、载货车、公共汽车必装: 2 只,挂车无要求	同 ECE
	光色	前面白色,后面红色。	红色	同 ECE。若与侧转向灯、侧标志灯混合则为琥珀色
	几何可见角度	水平:向内、向外各为 45° 垂直:向上、向下均为 15°	水平:向内、向外各为 45° 垂直:向上、向下均为 10°	同 ECE
	光度		HV 点: 4cd~125cd	
倒车	安装要求	汽车必装: 1 只或 2 只 挂车选装	必装: 1 只	汽车必装: 1 只或 2 只 挂车选装

名称	项目	欧洲 ECE 法规	美国 FMVSS108 法规	中国 GB 4785
灯	光色	白色	白色	白色
	几何可见角度	水平: 装 1 只: 向内、向外各 45°; 装 2 只: 向内 30°, 向外 45° 垂直: 向上、下均为 15°	无	同 ECE
	光度	HV 点: 80cd~300cd	HV 点: 80cd~300cd	HV 点: 80cd~300cd
牌照灯	安装要求	必装, 数量根据牌照板的照明要求而定	必装: 1 只	必装, 数量根据牌照板的照明要求而定
	光色	白色	白色	白色
	几何可见角度	根据牌照板的照明要求而定	同 ECE	同 ECE
	光度	各点亮度 $\geq 2.5\text{cd/m}^2$, 任意来两点的亮度差与距离的比值不大于最小亮度值的 2 倍	各点亮度 $\geq 8\text{lx}$, 最大照度: 最小照度 $\leq 20:1$	同 ECE
侧标志灯	安装要求	长度大于 6m 的车辆必装, 数量满足纵向定位要求	总长小于 9.15m 的车辆装前侧标志灯 2 只, 后侧标志灯 2 只, 总长超过 9.15m 的车在前后侧标志灯中间装 2 只	长度大于 6m 的车辆必装, 数量满足纵向定位要求
	光色	前琥珀色, 后红色或琥珀色	前琥珀色, 后红色, 中间琥珀色	前琥珀色, 后红色或琥珀色
	几何可见角度	水平: 向前, 向后各 45°	垂直: 向上, 向下均 10°	水平: 向前, 向后各 45°
	光度	HV 点: SM1: $\geq 4.0\text{cd}$ SM2: $\geq 0.6\text{cd}$	HV 点: 琥珀色: $\geq 4.0\text{cd}$ 红色: $\geq 0.6\text{cd}$	同 ECE

除以上主要灯具的对比之外, 还有一些灯具的安装要求美国和欧洲也有较大的差别, 这里不详细列出。对于法规中未明确规定安装的灯具, 欧洲和美国的理解也不同。欧洲认为: 法规中未明确规定安装的灯具, 整车上则不允许安装; 而美国则认为: 法规中没有明确规定安装的灯具, 整车上可以使用。在 FMVSS108 中未提及的灯具在 SAE 中均有对应的标准。此外, 中国的灯光标准也已上报了一批修订稿, 相信不久将实施新的、更加严格的灯光标准。

1.2.2 制动系统

随着汽车技术的不断发展, 制动系统方面的技术也越来越成熟, 汽车上现在基本都装备有制动装置, 且技术含量不断提高, 因此世界各国都将装备制动系作为一项强制的技术要求。目前欧美在汽车制动系统方面制定的法规主要可分为两

类，一类是关于乘用车方面的制动法规，美国的法规主要是 FMVSS 571.135《轻型汽车制动系统》，欧洲的主要是 ECE R13-H《关于乘用车制动系统型式认证的统一规定》；另一类是关于商用车方面的制动法规，美国这方面的法规主要是 FMVSS 105 和 FMVSS 121，欧洲的则是 ECE R13。

中国在制动法规方面现有的法规是 GB 12676—1999，其基本是按照欧洲法规 ECE R13 的内容而定的，本质上没有多大的差别，并在 GB 7258-2004《机动车运行安全技术条件》中对制动系统做出了要求。此外，欧洲的 ECE R13-H 是在 ECE R13 的基础上，根据欧、美、日三国汽车制动法规协调情况制定的有关乘用车制动的技术法规，并于 2005 年 4 月执行。我国目前为跟上世界汽车在制动方面的法规趋势，也根据 ECE R13-H 法规的内容并接合本国的实际情况制定了《乘用车制动系统技术要求及试验方法》的报批稿，计划于 2008 年 7 月 1 日起实行，新的制动系标准和欧洲 ECE R13-H 法规在本质上是相同的。下面仅将美国 FMVSS135 法规、欧洲 ECE R13-H 法规及中国现行的 GB7258—2004 做一比较。

表 1.5 欧美中三国制动系统法规标准的对比

试验项目	欧洲 ECE R13-H	美国 FMVSS 135	GB 7258—2004
行车制动系冷态制动效能	初始制动器温度：65⁰C~100⁰C；制动踏板力 f=65~500N。 1 对发动机脱开的 0—型试验：试验车速：100km/h；制动距离 $S \leq 0.1V + 0.006V^2$；平均制动减速度 $d_m \geq 6.43m/s^2$； 2 对发动机接合的 0—型试验：试验车速 80 % $v_{max} \leq 160$ km/h；$S \leq 0.1v + 0.0067v^2$；$d_m \geq 5.76$	挂空档，初始制动器温度：65⁰C~100⁰C；试验车速：100km/h；制动次数：6 次；制动距离 $S \leq 70m$；制动踏板力 f=65~500N；车轮抱死：当车速大于 15km/h 时，任何车轮抱死时间不超过 0.1s；试验路面：峰值摩擦系数为 0.9。	对乘用车，试验车速：50km/h；满载时制动距离 $S \leq 20m$，平均制动减速度 $d_m \geq 5.9$，气压制动的气压 $\leq$ 额定气压，液压制动踏板力 $\leq 500N$；空载时制动距离 $S \leq 19m$，平均制动减速度 $d_m \geq 6.2$，气压制动的气压 $\leq 600KPa$，液压制动踏板力 $\leq 400N$；试验规定通道宽度为 2.5m。
行车制动系热衰退和恢复	1 加热过程：开始时的初速度 V_1 为 80 % $V_{max} \leq 120$，制动结束速度为 $1/2 V_1$，制动循环周期为 45s，制动 15 次，$d_m = 3m/s^2$。 2 热性能：试验车速 100，热性能不得低于规定性能($S = 0.1V + 0.008V^2$，$d_m = 4.82 m/s^2$)的 75%，也不得低于发动机脱开的 0—型试验数据的 60%。 3 恢复过程：在发动机接合的情况下以 $3m/s^2$ 的平均减速度从 50km/h 进行 4 次停车制动。各次制动的起点之间允许有 1.5km 的距离。	1 热制动减速试验：挂档，初速度为 120km/h 或 80% V_{max}，取较低值；制动 15 次，$d_m = 3m/s^2$，时间间隔 45s； 2 热制动性能试验：空档，试验车速 100km/h，制动 2 次，$d_m = 3.0m/s^2$ 二次热制动中至少一次的制动距离 S 必须 $\leq 89km$； 3 冷却制动试验：挂档，试验车速 50km/h，制动 4 次，$d_m = 3.0m/s^2$； 4 恢复制动性能试验：空档，试验车速 100km/h，制动 2 次，制动距	该部分试验在 GB 12676—1999 中有规定，且该部分试验方法完全等同 ECE R13

试验项目	欧洲 ECE R13-H	美国 FMVSS 135	GB 7258—2004
		$\frac{0.0386V^2}{1.05d_c} \leq S - 0.1V \leq \frac{0.0386V^2}{0.70d_c}$ 4 个试验是连续做的。	
应急制动系	按发动机脱开的 0—型试验进行, 初始车速 100km/h, 制动踏板力 $f=65\sim 500\text{N}$, 制动距离 $S \leq 0.1V + 0.0158V^2$, $d_m \geq 2.44\text{m/s}^2$ 。试验模拟行车制动系的实际失效状态进行。	美国分两个试验: 1 部分失效试验: 试验车速 100km/h, 踏板力 65~500N, 对分路式行车制动系: 4 次制动, 对非分路式行车制动系: 10 次连续制动, 制动距离 $\leq 168\text{m}$; 2 制动动力或制动助力装置不起作用 (系统能量耗尽): 空档, 试验车速 100km/h, 踏板力 65~500N, 制动 6 次, 制动距离 $\leq 168\text{m}$	乘用车: 制动初速度 50km/h, 制动距离 $S \leq 38\text{m}$, 充分发出的平均减速度 $d_m \geq 2.9\text{m/s}^2$, 允许的手操纵力 $\leq 400\text{N}$, 允许脚操纵力 $\leq 500\text{N}$ 。试验在只有一处管路失效情况下进行。
驻车制动系	驻车制动系必须使满载车辆在 20% 的上、下坡道上保持静止, 驻车制动操纵力: 手操纵力 $\leq 400\text{N}$, 脚操纵力 $\leq 500\text{N}$, 保证在车辆行驶时也能进行驻车制动—以 30km/h 的初速度进行发动机脱开的 0 型试验, 驻车制动系作用期间充分发出的平均减速度和车辆停止前的瞬时减速度都不得小于 1.5m/s^2 。	满载, 变速器空档, 试验初始温度 $\leq 100^\circ\text{C}$, 驻车制动操纵力: 手操纵力 $\leq 400\text{N}$, 脚操纵力 $\leq 500\text{N}$, 驻车制动作用: 1 次作用, 如果必要, 作用 2 次, 实验路面坡度: 20%, 将车辆的纵轴线和坡道方向一致, 驻车制动系应在坡道上的正反两个方向上保持车辆静止 5 分钟。	空载, 保证机动车在坡道为 20%、轮胎与路面的附着系数不小于 0.7 的坡道上正反两个方向保持固定不变, 时间不应少于 5min, 对乘用车, 驻车制动操纵力: 手操纵力 $\leq 400\text{N}$, 脚操纵力 $\leq 500\text{N}$
车轮抱死顺序试验	空档, 试验车速: 制动强度 ≤ 0.50 时为 65km/h; 制动强度 > 0.50 时为 100km/h。踏板力: 踏板力应以线性速度增加, 确保第一次踩下制动踏板后不少于 0.5 秒但不超过 1.5 秒内发生第一根车轴抱死; 当第二根车轴抱死或踏板力达到 1kN 或第一根车轴抱死 0.1 秒后, 这三种情况中的任何一种先发生时即松开踏板。性能要求: a 当车辆制动强度在 0.15~0.8 之间时, 两个后轮不得先于两个前轮抱死; b 当满足下述情形之一则认为满足车轮抱死顺序要求: 无车轮抱死; 前轴两个车轮抱死, 后轴没有或只有一个车轮抱死; 两个车轴同时抱死。	空档, 初始制动器温度: $65^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$, 实验速度: 制动强度 ≤ 0.5 时, 速度为 65km/h; 制动强度 > 0.5 时, 速度为 100km/h, 产生的制动强度在 0.15~0.80 之间。制动 3 次, 踏板力以线性增长, 在初次踩下踏板后, 第一轴发生抱死时间 $\geq 0.5\text{s}$, 也 $\leq 1.5\text{s}$; 当第二根轴抱死时, 或当踏板力达到 1000N 时, 或第一轴抱死后的 0.1s (取先发生的一个) 松开踏板。视前轴是否先于后轴抱死而定是否需要进行扭矩轮试验。	GB 7258—2004 中没有关于车轮抱死试验的规定, 但是新的国标报批稿中对此做了规定, 是与 ECE R13-H 完全等同的。
扭矩轮试验	空档, 初始制动器温度: $65^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$; 试验车速为 100km/h 和 50km/h; 制动踏板力在 100km/h 试验车速下, 踏板力以 100~150N/s 的速度线性增加; 在	空档, 初始制动器温度: $65^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$; 试验车速: 100km/h 和 50km/h 踏板力: 车速 100km/h 时, 踏板力	GB 7258—2004 中没有关于扭矩轮试验的规定, 但是新的国标报批稿中对此做了规定, 是

试验项目	欧洲 ECE R13-H	美国 FMVSS 135	GB 7258—2004
	50km/h 试验车速下，踏板力以 100~200N/s 的速度线性增加，直至第一根车轴抱死或踏板力达到 1kN；车辆空载时，分别以 100km/h 和 50km/h 的车速进行 5 次制动，两种车速试验交替进行；车辆满载时，以每种车速连续进行 5 次制动试验，一种车速实验结束后再进行另一车速试验。	在 100N/s~150 N/s 之间线性速度增加； 车速 50km/h 时，踏板力在 100N/s~200 N/s 之间线性速度增加，直到第一轴抱死或踏板力达到 1000N 为止，取先发生者。 制动次数：分别以两种车速制动停车 5 次 试验路面：峰值摩擦系数至少 0.9	与 ECE R13-H 完全等同的。

通过表 1.5 的对比可以看出，美国在汽车制动系的试验方面规定的试验程序较为详细，试验的项目要较欧洲的系统化，但是欧洲在这方面的试验上做的比较具体，包括记录的数据及数据分析等。此外，由于汽车制动技术的发展，各国都将电力再生式制动系、电控传输、符合电子控制系统等先进技术的技术要求和试验方法都添加到本国的制动法规当中，以便于车辆的制造。

1.2.3 主动安全法规的发展

主动安全法规标准的发展是与主动安全技术的发展相辅相成、相互促进的。为了达到法规标准规定的技术要求，各厂家和研究单位就会研究更加先进的技术，从增加技术含量提高产品的竞争力，在技术的不断发展中也需要不断的完善标准，使技术更趋规范化。目前主动安全法规的制定内容还没跟上技术的更新，但是可喜的是许多新兴的技术在法规中都有提及，或有些已在研究探讨当中，如 EBD、主动悬架、车距雷达报警等。我国目前关于汽车主动安全的法规标准的制定，基本是参照欧洲 ECE 的法规标准，且很多项目标准目前并没有系统化、具体化，对新技术的规定还不够深入，因此需要健全主动安全的标准体系，充实完善内容，根据我国的实际情况，参照国际上成熟的法规标准体系，建立适合本国国情的主动安全法规体系，以促进汽车工业的健康发展。

1.3 汽车被动安全性标准和技术法规的比较研究及其发展

汽车的被动安全性能是在事故发生时，最大限度的减少乘员和行人的伤害。汽车事故主要有正面碰撞、侧面碰撞、追尾碰撞和车辆翻滚等。碰撞中人员受到的伤害主要有：（1）碰撞时汽车结构变形侵入乘员舱直接伤害乘员；（2）碰撞时乘员与车内结构发生二次碰撞造成伤害；（3）碰撞时以及碰撞后乘员身体部分超出车外，受到伤害；（4）碰撞后燃油起火造成伤害；（5）对行人的伤害，包括保险杠对行人腿部造成的伤害和发动机盖对行人头部造成的伤害。因此，汽车被动安全性法规主要是针对以上这几个方面制订的。

目前，汽车被动安全法规和标准主要有两大体系：美国联邦机动车安全标准（FMVSS）以及欧洲经济委员会标准（ECE）。此外，日本、澳大利亚以及中国的被动安全标准基本上是参照这两大体系制定的。由上面表 1.1、表 1.2 和表 1.3 安全法规结构体系的比较可以看出，美国在被动安全性方面涉及到很多项，包括客车等都制定了相关的法规。由于欧洲是参照美国的被动安全性标准，除了在碰撞方面的标准有所不同外，其他项目与美国没有本质区别。日本主要参照的是美国的安全标准，而我国的安全标准主要是参照欧洲 ECE 标准建立的。

1.3.1 碰撞安全标准

美国高速公路管理局统计，汽车碰撞事故中，正面碰撞约占 49%，侧面碰撞占 25%，后面碰撞占 22%。因此在碰撞法规的制定当中，目前最主要的两种碰撞法规集中在正面碰撞和侧面碰撞两个方面。

正面碰撞试验规定被检汽车以规定速度和一刚性或可变形壁障相碰，目的是检查冲击动能被保险杠、车厢前部前围区域吸收的程度及车厢结构强度，利用车内假人的传感器记录的数据，换算出和标准相对应的指标，检验正碰对人体的伤害程度，判断试验样车的碰撞性能。

侧面碰撞试验法规对汽车侧门强度提出了要求，规定用一移动变形壁障以规定速度，撞击车辆侧面，目的是检查车侧支柱、顶部或底部支柱连接等结构强度，以尽量降低侧面碰撞事故中伤害乘员的风险，通过车上的侧面碰撞假人，以测定伤害指标。

除法规规定外，世界各国还建立起汽车碰撞星级评价体系，即 NCAP 体系，用于实际碰撞试验检验生产的汽车是否符合法规规定的碰撞性能要求，并对被检汽车进行打分。

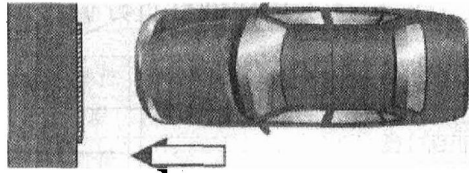
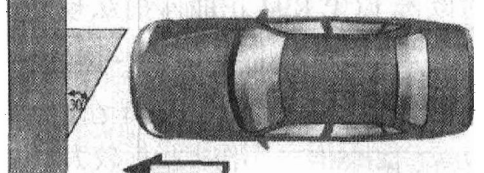
1. 正面碰撞标准

目前关于正面碰撞的标准有美国 FMVSS 208《乘员碰撞保护》、欧洲 ECE R94《正面碰撞中的乘员保护》以及中国 GB 11551—2003《乘用车正面碰撞的乘员保护》，其中 GB 11551 基本是参照欧洲 ECE R94 标准制定的，但是其中也考虑进了中国本国的情况。

（1）美国正面碰撞法规 FMVSS 208

美国的正面碰撞试验主要包括两种，分别是：（1）约束系统试验：车辆纵向行驶轴线与壁障表面垂直，即 100% 正面碰撞试验；（2）结构试验：车辆横截面与壁障表面逆时针或顺时针方向成 30 度角。这两种正面碰撞试验主要检验车内乘员在巨大冲击惯性力作用下，头部、胸部以及大腿受到的伤害。主要目的是利用安全带和安全气囊保护碰撞中的驾驶员和乘员。下表 1.6 对美国 FMVSS 208 正面碰撞法规的试验条件和技术指标进行了分析。

表 1.6 美国 FMVSS 208 车辆正面碰撞法规

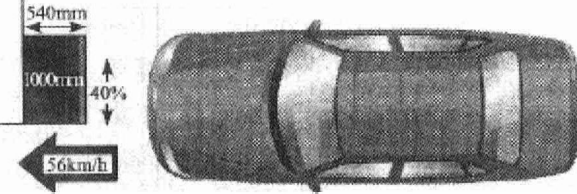
	100%重叠正面碰撞		30°角倾斜壁障碰撞	
碰撞形式				
车辆要求	2003.9.1 ~ 2007.9.1 间生产的、有安全气囊要求的、总质量≤3855kg 且整备质量≤2495kg 的乘用车、卡车、公汽及多用途乘用车	2007.9.1 以后生产的、有安全气囊要求的、总质量≤3855kg 且整备质量≤2495kg 的乘用车、卡车、公汽及多用途乘用车	有安全气囊要求的、总质量≤3855kg 且整备质量≤2495kg 的乘用车、卡车、公汽及多用途乘用车	不满足左边框内要求的车辆
碰撞车速	48km/h	56 km/h	32≤V≤40 km/h	48 km/h
假人类型	50%成年男性 HYBRID III 型			
假人位置	驾驶员位置和前排外侧乘员侧			
试验车重	整备质量+假人质量+行李质量+燃油箱质量			
制动系和变速器档	驻车制动系松开，挂空档			
门窗	门窗关闭，但不锁止			
燃油箱	注入干洗溶剂汽油到油箱容积的 92~94%，并使其充满整个燃油系统			
安全带	系安全带		不系安全带	系与不系两种
伤害指标	1 所有测试假人的所有部分在车内 2 头部伤害指标 $HIC_{15} \leq 700$ ($t_2 - t_1 \leq 15ms$) 3 胸部合成加速度 $\leq 60g$ (持续时间 $\leq 3ms$) 4 胸部脊柱压缩变形量 $\leq 63mm$ 5 轴向传递到大腿的力 $\leq 1020kg$ 6 颈部伤害指标: ①Nij: 轴向拉力 6806N, 轴向压力 6160N, 弯曲扭矩 310Nm, 拉伸力矩 135 Nm; 据此算出的 4 个 Nij 值均需 ≤ 1.0 ②颈部峰值拉力 $\leq 4170N$ ③颈部峰值压力 $\leq 4000N$		除了头部伤害指标 $HIC_{36} \leq 1000$ ($t_2 - t_1 \leq 36ms$) 以及胸部脊柱压缩变形量 $\leq 76mm$, 其他伤害指标完全等同 100%正面碰撞的伤害指标	伤害指标等同 100%正面碰撞
补充说明	美国 FMVSS 208 中分别还规定了 40% 正面偏置壁障试验以及滚翻试验的基本内容; 此外, 除了对 50%成年男性假人的碰撞试验外, 还规定了使用 5%成年女性假人、3 岁儿童假人、6 岁儿童假人的试验内容及伤害指标。			

(2) 欧洲正面碰撞法规 ECE R94

欧洲的正面碰撞试验仅 40% 正面偏置碰撞一种, 这是由于欧洲通过实际的交

通事故统计分析认为，在汽车正面碰撞中，碰撞区域主要集中在驾驶员侧居多，因此用车宽的 40% 长度作碰撞试验，这更能反应出交通事故的真实情况。下表 1.7 对欧洲 ECE R94 正面碰撞法规的试验条件和技术指标进行了分析。

表 1.7 欧洲 ECE R94 车辆正面碰撞法规

	40%正面偏置壁障碰撞
适用范围	不超过 2500kg 的 M1 类车
碰撞形式	
碰撞车速	56km/h
假人类型	50%成年男性 HYBRID III 型
假人位置	每个前排外侧座椅
试验车重	整备质量+假人+燃油箱质量
制动系和变速器档	驻车制动系松开，挂空档
门窗	门窗关闭，但不锁止
燃油箱	油箱注入水的质量为满容量燃油的 90%，其他系统液体排空，排空液体质量应予以补偿
安全带	系安全带
性能指标	a. 头部性能指标(HPC_{36})≤ 1000，对超过 3ms 的头部加速度 $a\leq 80g$； b. 脖子伤害指标 (NIC)： 脖子张力指标：0ms 时$\leq 3.3KN$；35ms 时$\leq 2.9KN$；$\geq 60ms$ 时$\leq 1.1KN$； 脖子剪力指标：0ms 时$\leq 3.1KN$；25~35ms 时$\leq 1.5KN$；$\geq 45ms$ 时$\leq 1.1KN$； 脖子 y 轴方向的弯矩$\leq 57Nm$。 c. 胸部性能指标 (ThPC) $\leq 50mm$；(ThPC—胸部变形的绝对值) 胸部粘性指标 (FFC) $\leq 1.0m/s$。 d. 大腿性能指标 (FPC)：(FPC—轴向传递到假人每条大腿的压力) 0ms 时$\leq 9.07KN$；$\geq 10ms$ 时$\leq 7.58KN$。 e. 小腿压力指标 (TCFC) $\leq 8KN$ f. 可移动膝盖节点的位移$\leq 15mm$ g. 残余转向轮位移（转向轮轮毂重心位置测量）： 向上垂直方向位移$\leq 80mm$；向后水平方向位移$\leq 100mm$。 h. 若燃油泄漏，平均泄漏速度不超过 30g/min i. 碰撞时车门不得开启，前门锁止机构不锁止；碰撞后，至少有一个门能打开，能完好地取出假人

(3) 中国正面碰撞标准 GB 11551—2003

中国虽然是参照欧洲 ECE 法规制定的正面碰撞标准，但是并没有采用欧洲的 40% 偏置碰撞试验，而是采用了和美国相同的 100% 正面碰撞试验。下表 1.8 对中国 GB 11551—2003 正面碰撞法规的试验条件和技术指标进行了分析。