

JTG

中华人民共和国推荐性行业标准

JTG/T F83-01—2004

高速公路护栏安全性能评价标准

The Evaluation Specification for Highway Safety Barriers

2004-12-14 发布

2004-12-31 实施

中华人民共和国交通部发布

中华人民共和国推荐性行业标准

高速公路护栏安全性能评价标准

The Evaluation Specification for Highway Safety Barriers

JTG/T F83-01—2004

主编单位：交通部公路科学研究所

批准部门：中华人民共和国交通部

实施日期：2004年12月31日

前 言

在我国现行的标准和规范中,有关高速公路护栏的相关内容只有在《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074—94)中有部分规定,但该内容是作为设计条件提出的,评价方法和评价标准均未规定。对于安装在高速公路上的护栏的实际防护能力、安全性能以及新的结构形式的护栏,应该通过何种试验进行检验均没有相应的执行标准。特别是在我国公路交通行业飞速发展,道路状况、车辆状况不断发生变化,新的交通安全理念不断更新的情况下,制订《高速公路护栏安全性能评价标准》显得尤为重要。

根据交公路发[2000]722号,关于制订《高速公路护栏安全性能评价标准》的通知,课题组根据我国现在的公路状况、车辆行驶状况,以及将来的发展趋势,并向相关的国际标准靠拢,制订出符合我国国情的标准。

本标准的制订原则是以我国高速公路运行实际情况的调研资料为基础,以实车碰撞试验数据为依据;体现以人为本的原则,既能保证大部分车辆的行车安全,同时考虑我国的技术、经济实力;既考虑目前的现状,同时考虑今后的发展趋势;既符合我国的实际情况,同时尽可能地和国际上相关的标准体系接轨。

本标准在制订过程中,课题组进行了大量调研工作,并将其他具有相关内容课题组的调研资料与本课题组的调研资料进行汇总,调研的高速公路路段覆盖东北、华北、华东、华中、西北、西南等全国的大部分地区,基本上代表了目前中国高速公路实际运行情况,并通过各方多次讨论、召开专家论证会而最终确定了碰撞条件。评价要素和指标是通过十几次各种类型的实车碰撞试验,对乘员的各项指标、车辆的各项指标、车辆运行状态及碰撞全过程等进行全面统计、分析,并结合以前进行的几十次相关的护栏实车碰撞试验所得出的结果。

本标准界定了与护栏安全性能评价相关的名词术语,规定了高速公路护栏实车碰撞试验条件、试验指标控制精度、实车碰撞试验方法及评价标准。本标准不涉及护栏设置的相关内容。

本标准系首次制订,为使本标准更能符合我国公路建设的实际情况,请各有关单位在执行过程中,将发现的问题和意见函告交通部公路科学研究所(地址:北京市西土城路8号,邮政编码:100088),以便下次修订时参考。

起草单位:交通部公路科学研究所

主要起草人:乔希永、唐铮铮、于树平、赵玉坤、朴松爱、李娟、贾日学

目 次

1 总则	1
2 名词术语	2
3 护栏实车碰撞试验条件	4
4 护栏碰撞试验一般规定	5
4.1 试验场地	5
4.2 护栏试验段	5
4.3 试验车辆	6
4.4 车辆加速	6
4.5 试验仪器	7
4.6 试验时的安全防护	7
5 实车碰撞试验数据测试及数据分析	8
5.1 试验数据测试项目	8
5.2 图像采集	8
5.3 数据采集	9
5.4 数据及图像分析	10
6 护栏防撞性能评价标准	11
附录 A 试验记录格式	12
附录 B 本标准用词说明	13
附 件 高速公路护栏安全性能评价标准(JTG/T F83-01—2004)条文说明	15
1 总则	17
2 名词术语	18
3 护栏实车碰撞试验条件	20
4 护栏碰撞试验一般规定	28
5 实车碰撞试验数据测试及数据分析	30
6 护栏防撞性能评价标准	33

1 总则

1.0.1 为提高高速公路的行车安全性,使高速公路的护栏设置更加安全合理、经济适用,特制订本标准。

1.0.2 本标准适用于新建和改建高速公路及高速公路桥梁的各种结构形式护栏标准段的安全性能评价,其他公路的护栏及安全设施可参照本标准。

1.0.3 高速公路上设置的每一种结构形式的护栏均应采用实车足尺护栏碰撞试验进行安全性能评价。

每一种结构形式的护栏在进行实车足尺护栏碰撞试验时应分别采用小型车辆和大型车辆同时进行试验。小型车辆试验时主要评价车内乘员的安全性和碰撞后的车辆运行轨迹;大型车辆试验时主要评价护栏防撞性能和碰撞后护栏的最大动态变形量。

试验过程中无论是小型车辆还是大型车辆,只要有一项指标不符合标准的规定,均视为不合格护栏,不能在相应路段上使用。

对于同一种结构形式的护栏进行多次试验时,每一次试验应尽可能选用同一种车型进行试验。

1.0.4 试验护栏的安装按照《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074)的相关条款执行。

试验仪器及二次仪表的技术要求应按照《道路车辆-碰撞试验测量技术-测试仪表》(ISO 6487)及(SAE J211)的相关规定执行。

车辆重心高度测量按照《汽车重心高度测定方法》(GB/T 12583)的要求执行,或按照汽车生产厂商提供的测试数据记录。

车内乘员保护参照《实车正面碰撞乘员保护设计规则》(CMVDR294)的相关条款执行。

2 名词术语

2.0.1 护栏的安全性能

车辆与护栏发生碰撞事故时,为防止车内乘员受到伤害,护栏所具有的缓冲、防撞、导向等方面的综合性能。

2.0.2 护栏的防撞性能

保证车辆不冲出路外、不翻出路外,护栏所能承受的最大碰撞能量。

2.0.3 护栏的导向性能

碰撞后能够将车辆正确导向,在一定距离之内碰撞车辆尽可能不驶入相邻车道。

2.0.4 碰撞速度 Impact velocity

实际碰撞点前 6m 以内所测定的试验车辆实际行驶速度。

2.0.5 碰撞角度 Impact angle

实际碰撞点位置车辆中心线与护栏的夹角。

2.0.6 理论碰撞点

车辆沿行驶方向的中心线与护栏的交点。

2.0.7 实际碰撞点

车辆与护栏发生碰撞时最先瞬间接触点。

2.0.8 驶出角度 Zxit angle

碰撞后车辆驶离护栏时,车辆中心线与护栏的夹角。

2.0.9 试验假人 Dummy

能够准确测量和记录头部性能指标、胸部性能指标、腿部性能指标及其他部位所需的测试数据的人体模型。

2.0.10 车体纵向加速度 X

碰撞过程中沿车辆行驶方向,车体所受冲击加速度 10ms 间隔平均值的最大值。

2.0.11 车体横向加速度 Y

碰撞过程中水平面上沿车辆行驶方向的垂直方向,车体所受冲击加速度 10ms 间隔平均值的最大值。

2.0.12 车体铅直加速度 Z

碰撞过程中沿铅直方向,车体所受冲击加速度 10ms 间隔平均值的最大值。

2.0.13 假人头部性能指标 HPC (head performance criterion)

$$\text{HPC} = (t_2 - t_1) \left\{ \left[1 / (t_2 - t_1) \right] \int_{t_1}^{t_2} a \, dt \right\}^{2.5}$$

式中: t ——加速度持续时间 ($t_2 - t_1 \leq 36\text{ms}$);

a ——合成加速度。

2.0.14 假人胸部性能指标 THPC (thorax performance criterion)

用假人胸部位移传感器测量的胸部压缩位移量指标。

2.0.15 假人腿部性能指标 FPC (femur performance criterion)

用假人腿部力传感器测量的腿部受力指标。

2.0.16 最大动态变形量

车辆与护栏碰撞过程中沿护栏的垂直方向护栏所产生的最大动态变形量。

3 护栏实车碰撞试验条件

3.0.1 车辆吨位等级分类

试验车辆分为小型客车和大型车辆(包括大客车和大货车)。小型客车的碰撞试验主要测试车内乘员的安全保护和碰撞后的运行轨迹,车辆吨位为 1.5t;大型车辆的碰撞试验主要测试不同等级护栏的防撞性能,车辆吨位分别为 10t、14t、18t。

3.0.2 碰撞速度

碰撞速度根据车型选择分为小型客车 100km/h、大型货车 60km/h、大型客车 80km/h。

3.0.3 碰撞角度

所有实车碰撞试验的碰撞角度全部选择 20°。

3.0.4 护栏防撞试验分类

根据道路路侧的危险程度和防护对象不同,将高速公路护栏按照防撞性能分别按下列试验条件试验。护栏等级划分的具体内容按照《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》(JTJ 074)的相关条款执行。护栏实车碰撞试验条件见表 3.0.4。

表 3.0.4 实车碰撞试验条件

序号	车辆质量(t)	碰撞车速(km/h)	碰撞角度(°)	碰撞能量(kJ)
1	1.5	100	20	—
2	10	60	20	160 以上
3	10	80	20	280 以上
4	14	80	20	400 以上
5	18	80	20	520 以上
6	特殊设计护栏;需要特殊设计的公路,如集装箱占有率相当高、跨越非常重要建筑区(通航等级高、繁忙的河道,干线高速铁路)等,各项指标可根据公路设计的实际情况具体确定			

3.0.5 试验指标允许偏差(如表 3.0.5)

表 3.0.5 试验指标控制精度

车辆质量(t)	质量偏差(kg)	试验车速(km/h)	速度偏差(km/h)	试验角度(°)	角度偏差(°)
1.5	± 75	100	± 4.0	20	± 1.5
10	± 300	60	± 3.0	20	± 1.5
10	± 300	80	± 3.0	20	± 1.5
14	± 400	80	± 3.0	20	± 2.0
18	± 500	80	± 3.0	20	± 2.0

4 护栏碰撞试验一般规定

4.1 试验场地

4.1.1 试验场地应宽阔平坦,加速跑道应使试验车辆加速后达到标准要求的车速并满足速度精度要求,碰撞广场不能有水、冰、雪(模拟特殊气候状况的试验除外)等。碰撞广场的长度从碰撞点起不应小于50m。

4.1.2 在护栏碰撞点附近的内侧路面上及护栏的外侧应能设置可供进行图像采集的标准线和标准点。

4.1.3 实车足尺护栏碰撞试验不得在专用实车碰撞试验场以外的场所进行。

4.2 护栏试验段

4.2.1 准备试验的护栏应和设计图样一致,包括材料、截面尺寸、基础及设置等。对于刚性护栏试验段的安装长度不应小于40m,护栏的碰撞点后方的护栏长度不得小于10m;对于半刚性护栏和柔性护栏试验段的安装长度不应小于70m,护栏的碰撞点后方的护栏长度不得小于20m,同时护栏起始点应采取双道钢丝绳固定,钢丝绳的直径应大于16mm,半刚性护栏端头固定钢丝绳预紧力为不小于100kg,柔性护栏端头固定钢丝绳预紧力根据设计情况具体设定。钢丝绳的另一端的固定可承受5t以上的力不会松动。护栏的安装示意图见图4.2.1。

4.2.2 护栏在试验前应根据图纸对其几何参数、技术要求等对试样进行详细的检查,并登记在记录表中(见附录A)。

检查登记项目包括:护栏的形式、截面积、高度、立柱间距、立柱埋置方式,立柱及混凝土挡墙的横截面积、各种几何参数、基础情况等。

4.2.3 厂家应提供护栏的图样及技术要求、应用范围等。如果已经进行相关的材料特性试验、静态试验等,应提供相关的试验数据。

4.2.4 护栏试验段的现场安装按照《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》

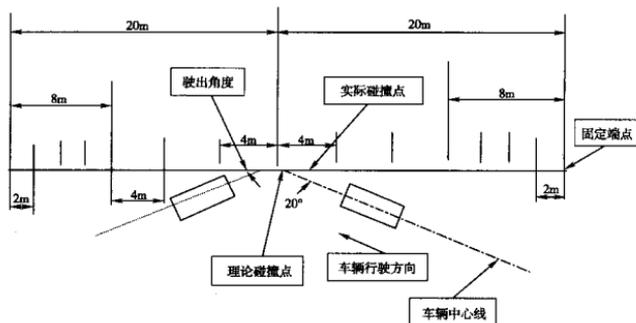


图 4.2.1 护栏的安装示意图

(JTJ 074)的相关条款执行。

4.3 试验车辆

4.3.1 试验车辆应保证车辆的总成完整,行驶系统、转向系统、制动系统等性能应完好、可靠、轮胎的气压符合厂家的技术要求,试验车辆应整洁。

4.3.2 试验所选择的车辆应按照评价等级相应的总质量进行配载,配载时荷载应均匀分布,保持车辆的行驶稳定性,同时不得超出厂家技术要求的满载质量。并应对荷载进行有效地固定。燃料箱的燃料用水来代替,其质量应为制造厂商规定的燃料箱注满时的 90%。

4.3.3 试验车辆应在顶部及侧面贴有用于摄像分析的标志点及标尺。

4.3.4 小型客车如安装试验假人,应保证安全带的完好和有效。

4.3.5 车辆重心高度测量按照《汽车重心高度测定方法》(GB/T 12583—90)测定,或按照汽车生产厂商提供的测试数据记录。

4.3.6 试验车辆的主要技术参数如:车长、宽、高、重心高度、自重、总重量等必须记录在记录表上。

4.4 车辆加速

4.4.1 用适当的方法使试验车达到标准规定的试验车速,并应有 10m 以上的速度稳定距离。

4.4.2 试验车辆在加速和运行过程中转向器应处于自由状态,不得进行锁制,并且保证在试验的全过程中不受到任何外力干涉造成车辆意外偏离方向。

4.4.3 试验过程中车辆的制动器踏板应处于自由状态,并保证在试验过程中不会受到外力干涉,保证车辆不受除碰撞以外的任何外力。

4.4.4 在牵引加速过程中,不得使试验车辆损坏。

4.4.5 在与护栏碰撞前,试验车辆应与牵引装置分离,自驱动车辆应熄火,使车辆在碰撞过程中完全处于自由状态。

4.5 试验仪器

4.5.1 试验用假人应采混合 III 型或具有相同功能的试验假人。

4.5.2 试验用测试仪器及二次仪表的各项参数指标,应按照《道路车辆-碰撞试验测量技术-测试仪表》(ISO 6487—1980)的要求执行。

4.6 试验时的安全防护

4.6.1 实车足尺护栏碰撞试验场应明确规定非安全区域,试验时应有专职人员进行安全巡视。试验过程中任何无关人员不得进入试验现场。

4.6.2 试验仪器设备应设置在安全区域,并应进行遮挡,防止被车辆碰撞碎片击中。所有试验车辆可能发生的运行轨迹范围内,绝对禁止设置任何仪器设备和人员停留。

4.6.3 试验过程中所有试验人员必须戴安全帽。

5 实车碰撞试验数据测试及数据分析

5.1 试验数据测试项目

- 5.1.1 碰撞速度。
- 5.1.2 碰撞角度。
- 5.1.3 驶出角度。
- 5.1.4 假人头部性能指标(推荐测试项目)。
- 5.1.5 假人胸部性能指标(推荐测试项目)。
- 5.1.6 假人腿部性能指标(推荐测试项目)。
- 5.1.7 试验车辆的车体三方向加速度。
- 5.1.8 碰撞后车辆的运行轨迹。
- 5.1.9 护栏最大动态变形量的测量。

5.2 图像采集

5.2.1 应在护栏碰撞点附近的内侧路面上及护栏的外侧设置可供采集数据的标准线或标准点。

5.2.2 试验过程中应在护栏的上方、正面、侧面三个方向同时设置摄像机,记录车辆与护栏碰撞的全过程,摄像机的拍摄速度最低不得低于 200 幅/秒。

5.2.3 用护栏上方的摄像机记录车辆的碰撞角度、驶出角度、车辆运行轨迹;用护栏变形平行方向的摄像机记录护栏的最大动态变形量。

5.2.4 摄像机的设置应确保人员和设备的安全。

5.3 数据采集

5.3.1 碰撞速度的测量

- 1 车辆的碰撞速度测量装置的视值误差不得低于 $\pm 1\%$ 。
- 2 所测得的实际碰撞速度的速度误差应符合本标准表 3.0.5 中的规定。

5.3.2 碰撞角度的测量

- 1 确定车辆的对称中轴线并在车辆顶部标识,使其通过高速摄像能够拍摄清楚。
- 2 碰撞角度:记录碰撞开始瞬时的一幅画面,画面上车辆的对称中轴线与护栏形成的夹角即为实际碰撞角度。
- 3 所测得的实际碰撞角度的角度误差应符合本标准表 3.0.5 中的规定。

5.3.3 驶出角度测量

记录碰撞后车辆驶离护栏瞬时的一幅画面,画面上车辆的对称中轴线与护栏形成的夹角即为驶出角度。

5.3.4 假人各部位性能指标的测量

- 1 此项测试只针对小型客车,大型车辆可不进行此项测试。
- 2 假人放置于驾驶员席。
- 3 可将座椅调整到中间位置。
- 4 假人安装好后系好安全带。

5.3.5 车体所受加速度的测量

测量车体加速度的传感器,应安装在车辆的中心线上,安装要牢固,碰撞过程中不会发生松动和抖动,并且不会受到其他物体的冲撞。

5.3.6 护栏最大动态变形量的测量

由于护栏的动态变形量是一个变化的量,为确保采集到准确、有效的试验数据,试验后应将护栏最大动态变形位置区域的图像全部打印出来,根据标准点的比例计算每一幅图像的护栏动态变形量,最终得出护栏最大动态变形量。同时可采用在护栏最大动态变形位置区域设置固定标准间距标志杆,根据碰撞过程中护栏与标志杆的实际接触点测定护栏最大动态变形量,作为护栏最大动态变形量测量的辅助测量,避免由于各种原因造成的试验数据丢失。试验后还应记录护栏的最大残留变形量。

5.4 数据及图像分析

5.4.1 车内乘员的安全性分析

为保证车内乘员的安全,根据汽车正面碰撞法规要求,各项指标分别为:假人头颈部性能指标 $HPC \leq 1000$;假人胸部性能指标 $THPC \leq 75\text{mm}$;假人腿部性能指标 $FPC \leq 10\text{kN}$ 。

当假人的头部性能指标、胸部性能指标、腿部性能指标,均小于或等于标准值时,不会对乘员造成严重伤害,哪一部分的指标超出标准值,乘员的那一部分就会造成伤害,当假人的头部性能指标、胸部性能指标超出标准值时,有可能威胁车内乘员的生命。

5.4.2 车体加速度分析

试验时如果不具备安装假人等测试设备的条件,可以用车体加速度作为车内乘员安全性的代用指标,经过多次试验及假人的各项指标与车体加速度数据对比分析,当车体三个方向加速度数值均小于或等于 $20g$ 时,不会对车内乘员造成严重伤害。

5.4.3 车辆运行状态分析

当车辆出现钻入、骑跨、翻车等现象时,车内乘员的安全无法保障。因此诸如此类现象是不允许发生的。

5.4.4 车辆运行轨迹分析

碰撞后车辆的驶出角度过大,失控车辆可能会侵入其他车道,与其他车道正常行驶的车辆发生二次事故,造成更严重的事故。车辆碰撞后的驶出角度小于碰撞角度的 60% 时,无论是失控车辆内的驾驶员,还是其他车道正常行驶车辆的驾驶员,均有时间反应和控制车辆,避免二次事故。同时也可以通过观测车辆的运行轨迹即以碰撞点为基准点, 20m 的距离之内不驶入相邻车道作为评判原则。

5.4.5 护栏最大动态变形量分析

对于不同形式、不同材料的护栏,护栏最大动态变形量有很大的差异,在同一种能量等级的碰撞车辆碰撞时,刚性护栏最大动态变形量很小,半刚性护栏根据其材料和几何尺寸各有不同。对于路侧护栏规定护栏最大动态变形量,目的是避免车辆翻出路外。根据试验结果的研究表明,只要车辆的中心位置不越过护栏的原始安装位置,车辆就不会翻出路外。而大型车辆的车宽基本在 2.4m 以上,因此 1.2m 是护栏最大动态变形量的极限位置。对于没有明沟的中央隔离带护栏与路侧护栏相比,护栏最大动态变形量的限制可以适当放宽。

6 护栏防撞性能评价标准

6.0.1 每一种等级的各种形式护栏均应根据应用路段,按照评价等级相应的车辆总质量,选择小型客车、大型车辆两种车型进行实车碰撞试验。小型客车主要进行车内乘员头部性能指标、胸部性能指标、腿部性能指标、车体三方向加速度、车辆运行轨迹等项目的测试;大型车主要进行护栏的防撞能力、最大动态变形量和车辆运行轨迹等项目的测试。

6.0.2 车辆与护栏发生碰撞时应能保证车内乘员的生命安全,不受到严重伤害。

6.0.3 护栏应能够有效地阻挡车辆并对车辆进行导向,禁止车辆任何形式的穿越、翻越、骑跨、下穿护栏。

6.0.4 护栏应有良好的导向性能,车辆碰撞后的驶出角度应小于碰撞角度的 60%。

6.0.5 碰撞后试验车辆应保持正常行驶姿态,不发生横转、掉头等现象。

6.0.6 在碰撞过程中,脱离组件、碰撞碎片(护栏的碎片)、或其他护栏上的碰撞物不能侵入驾驶室内及阻挡驾驶员的视线。

6.0.7 护栏最大动态变形量。

刚性护栏最大动态变形量小于或等于 10cm;

无论是哪一种形式的护栏,如果用于桥梁护栏,其护栏最大动态变形量应小于或等于 50cm;

半刚性三波梁护栏最大动态变形量小于或等于 75cm;

半刚性双波梁护栏最大动态变形量小于或等于 100cm;

柔性护栏可根据其安装位置参照半刚性护栏最大动态变形量的指标。

6.0.8 以上评价要素的每一条款应满足标准要求,其中任何一条不符合本标准的规定,均应视为该种护栏不符合要求,不宜在需要设置该等级护栏的路段上使用。

附录 A 试验记录格式

车 辆	车辆名称		车辆长度 L (m)	
	车辆自重(t)		车辆宽度 B (m)	
	车辆总重(t)		车辆重心高度	
	牵引方式			
护 栏	护栏形式		几何尺寸(mm)	
	立柱形式		几何尺寸(mm)	
	防阻块或托架		几何尺寸(mm)	
	立柱埋置深度(m)		立柱间距(m)	
	立柱埋设方式	(立柱埋于土中) (立柱埋于混凝土中)		
检 测 项 目	设定碰撞速度(km/h)		实测碰撞速度 (km/h)	
	设定碰撞角度($^{\circ}$)		实测碰撞角度 ($^{\circ}$)	
	假人头部($\times 9.8m/s^2$) (X 、 Y 、 Z)			
	假人胸部压缩位移量 (mm)			
	车体加速度($\times 9.8m/s^2$) (X 、 Y 、 Z)			
	车辆驶出角度($^{\circ}$) 车辆运行轨迹描述			
	护栏最大动态变形量 (m)			
	碰撞后车辆状况描述			
	碰撞后护栏状况描述			
	综合评价	按照本标准中规定的 6 项条款逐一评价		
主检		试验日期		试验地点

注:表中(护栏一栏)列举的护栏形式为半刚性护栏,如为刚性护栏或其他形式的护栏,其几何参数、设置方式、基础形式等相关内容应做详细记录。

附录 B 本标准用词说明

一、对标准条文执行严格程度的用词,说明如下:

1. 表示很严格,非这样做不可:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

2. 表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择,在条件允许时,首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

二、本条文中应按指定的其他有关标准、规范的规定执行,其写法“应按……执行”或“应符合……要求或规定”。如非必须按所指的标准、规范或其他规定执行,其写法为“可参照……”。

附件

高速公路护栏安全性能评价标准

(JTG/T F83-01—2004)

条 文 说 明

1 总则

1.0.1 随着高速公路在我国的不断发展,对于高速公路上的交通安全设施——护栏,提出了更高的技术要求。制订本标准就是要从我国的具体国情出发,针对道路交通的发展水平,结合我国的经济技术条件,实事求是地作出规定,使高速公路护栏的设置经济合理,安全适用。

1.0.2 鉴于我国目前公路交通的实际水平和经济技术条件,本标准规定的评价方法及评价要素,适用于高速公路和高速公路桥梁护栏。其他公路的护栏及安全设施可根据实际情况参照本标准。

1.0.3 随着交通安全理念的不断增强,充分体现以人为本的原则,避免高速公路上重大交通事故的发生,通过实车碰撞试验对护栏的安全性能进行评价,以便提高高速公路的行车安全性,此项任务已经越来越迫切。

由于在发生碰撞事故时,小型客车与大型车辆所产生的结果完全不同,对于护栏的安全性能、防撞性能要求也是不同的,因此评价项目也应有所区别,同时进行评价就是要求护栏兼顾安全性能和防撞性能。

安全性能和防撞性能无论哪一项达不到要求,都不能保证车内乘员的安全,无法体现以人为本的原则。

对于同一种结构形式的护栏进行多次试验时,每一次试验应尽可能选用同一种车型进行试验。可以使试验具有可比性,保证试验的准确性和公正性。

1.0.4 本标准中采用了一些国际标准、国家标准和行业标准的内容,这些标准中对于相关内容有具体规定,本标准中不作另行规定。

2 名词术语

2.0.1 护栏的安全性能是发生碰撞事故时,通过护栏的整体防护及使车辆正确导向,保证碰撞车辆内乘员安全的一种综合性能。

2.0.2 护栏的防撞性能是大型车辆与护栏发生碰撞时,避免车辆冲出或翻出路外或桥下,造成重大恶性事故所应具备的基本性能,它是护栏的安全性能的另一表现形式。

2.0.3 护栏的导向性能同样是护栏的安全性能的另一表现形式。

2.0.4 由于实际碰撞点的车辆实际行驶速度无法精确测量,因此以实际碰撞点前6m以内所测定的车辆实际行驶速度为碰撞速度。国际相关的标准中要求均为区域速度,并且车辆的行驶速度在此区域内变化很小。它是计算碰撞能量和确定试验是否按规定的要求完成的重要指标。

2.0.5 碰撞角度是计算碰撞能量、确定护栏的实际防护能力的重要指标,同时也是确定试验是否按标准规定的要求完成的重要指标。

2.0.6 理论碰撞点是进行护栏试验段安装的依据。

2.0.7 实际碰撞点是计算碰撞角度和驶出角度的依据。

2.0.8 护栏的主要功能是阻挡车辆冲出路外,并对车辆进行导向。如果导向功能不良,反弹过大会造成碰撞车辆与其他正常行驶的车辆发生二次碰撞事故,造成更为严重的损失。因此碰撞后的车辆运行轨迹是非常重要的,国际上通常采用碰撞后车辆的驶出角度来评价车辆运行轨迹。

2.0.9 目前国际、国内用于各种试验的假人各式各样,而混合 III 型(Hybrid III)是国际上专门用于实车碰撞试验的试验假人。

2.0.10~2.0.12 国际相关标准中对于车内乘员的安全性判定方法各有不同,鉴于目前国内的试验条件,使用混合 III 型假人测试作为推荐测试项目,而引入车体的三方向加速度也是判定车内乘员安全性的一种方法。

2.0.13~2.0.15 这三项是国际、国内正面碰撞试验法规评价车内乘员的安全性的主要指标。虽然试验方法不同但评价效果是基本一致的。

2.1.16 最大动态变形量是车辆与护栏碰撞过程中,护栏沿车辆行驶方向水平面的垂直方向护栏所产生的最大挠度。此项指标可以确认护栏外侧重要设施的安全度和车辆是否会翻越护栏的可能性。

3 护栏实车碰撞试验条件

3.0.1 车辆吨位等级分类

1 调研资料

为了更加科学、合理的确定标准中的试验车型、碰撞速度、碰撞角度,因此对我国高速公路上发生的各种车辆与护栏直接碰撞的交通事故进行调查。调查的主要内容如下:

- (1)高速公路通行车辆构成情况;
- (2)高速公路上各种车型的车速及其分布;
- (3)高速公路上护栏的设置及使用情况,包括路侧护栏、中央分隔带、护栏形式、立柱等;
- (4)护栏碰撞事故调查,包括碰撞事故类型(路侧、中央分隔带、桥梁护栏)、碰撞车型、碰撞速度、碰撞角度、事故原因、护栏与车辆的损坏情况、人员伤亡情况等;
- (5)资料来源:主要通过路政管理部门记录的交通事故数据资料进行归纳分析和总结。

课题组对京福路山东段、江苏段、济青路、沪宁路、成雅路、成渝路、成绵路、石太路等进行了实地调查,积累了大量数据资料。另外也对其他课题组的调查资料进行了汇编整理,现将调查的资料汇总如表 3-1、表 3-2。

表 3-1 车型分类表

车型	小客	小货	中客	中货	大客	大货	超大客	超大货
划分标准	载客 9 人及以下	载货 2.5t 及以下	10~19 人	2.5~7t	20~49 人	7~14t	50 人以上包括卧铺车	14t 以上包括拖挂车

2 统计分析结果

根据统计分析得出,我国高速公路上行驶的小型车辆约占 64%(包括小客、小货),中型车辆约占 20%左右(包括中客、中货),大型车辆约占 17%(包括大客、大货),拖挂车及其他超大型车辆不到 2%,因此可以确定,我国高速公路上占主流的运行车辆是中型以下的客货车,其载客人数为 19 人以下,载重吨位为 7t 以下。另外根据国家机械工业局和中国汽车工业协会统计的资料及《2000 年汽车工业年鉴》,收集整理出的各种车辆的拥有量、额定吨位、额定客位数、型号等数据,建立主流车型拥有量统计表。考虑到大型客车的载客人数较多,从以人为本的目的出发,将大型客车重点考虑。综合以上各方面的资料将试验车辆的吨位等级定为 1.5t 小轿车、10t 大型货车或客车、14t 大型货车或客车、18t 大客车。

表 3-2 车流量比例统计表

路别	小客		小货		中客		中货		大客		大货		超大客		超大货	
	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)	流量	比例 (%)
成渝路	837	61	158	11	90	6	72	5	169	13	59	4	1	0	1	0
成乐路	303	52	78	14	32	6	62	11	45	8	51	9	0	0	1	0
成绵路	673	66	140	14	65	6	37	4	63	6	43	4	0	0	0	0
成雅路	482	66	62	8	47	6	42	6	33	4	72	10	0	0	0	0
石太路	656	36	193	11	132	7	264	15	39	2	403	22	27	2	83	5
京福路山东段	158	37	78	18	69	16	81	19	18	4	21	6	0	0	0	0
京沪路江苏段	217	41	58	11	88	17	57	11	63	12	38	7	0	0	1	0
济青路	839	50	218	13	128	7.5	314	19	98	6	71	4	5	0.3	3	0.2
沪宁路	989	51	317	16	278	14	168	9	118	6	63	3	7	0.6	5	0.4
均值	5154	51	1302	13	929	9.2	1097	10.8	646	6.4	821	8	40	0.6	94	1

注:交通流量调查采用正常工作日、正常工作时间,分车型统计,每条高速公路统计两小时,观察地点选择主线上,远离交叉和出入口,上、下行方向各一小时。

3.0.2 碰撞速度

1 调研资料

从表 3-3 可以看出各条高速公路上车速最高的均为小客车,客车的平均车速高于货车的平均车速,小型车的平均车速高于大型车的平均车速。

表 3-3 各种车型车速统计表 (单位:km/h)

路别	京津塘		京沈		京石		京昌		昆曲	
	车道	限速	车道	限速	车道	限速	车道	限速	车道	限速
	4	110	6	120	4	110	6	110	4	100
小客车	99.6		120.6		88.4		95.5		75.1	
小货车	71.8		77.6		63.9		71.4			
中客车	92.4		98		73.3		81.1		50.2	
中货车	69		70.2		60.4		62.4			
大客车	89.8		96.9		80.4		77.2		36	
大货车	65.7		66.8		66.6		55			

注:车速调查采用雷达测速仪,精确到 1km/h,观察地点选择在主线上,远离交叉和出入口,随机抽取车辆进行测速,上、下行方向各一小时。

2 小客车的超速问题

从表 3-4 中可以看出,小轿车的超速现象十分严重,其主要原因是路面状况好,车辆少,随着高速公路车流量的逐渐增加这种现象会逐渐减少。

表 3-4 小客车超速统计表

路 别		京津塘		京沈		京石		京昌	
		车道	限速	车道	限速	车道	限速	车道	限速
		4	110	6	120	4	110	6	110
小轿车	平均值	114.5		128.7		98.3		103.0	
	超速车比重	65.3%		73.8%		16.4%		25.6%	
吉普车	平均值	100.8		112.7		90.2		91	
	超速车比重	19.2%		13.3%		9.4%		13.6%	
面包车	平均值	74.1		79		66.9		71.7	
	超速车比重	0		0		0		0	

3 高速公路车辆行驶速度调查统计结果见表 3-5。

表 3-5 典型车辆车速统计表

车 型	V_E (km/h)	$V_{15\%}$ (km/h)	$V_{85\%}$ (km/h)
小轿车	111	91	132
中货车	65.5	53	78
大客车	86.1	68	99

注:(1) V_E 为车速平均值; $V_{15\%}$ 为 15% 位车速; $V_{85\%}$ 为 85% 位车速。

(2) 我国高速公路一般限速为 110km/h 或 100km/h。

4 碰撞速度指标制订

当某一种车型的平均车速高于高速公路最高限速时,以高速公路最高限速的 0.8 倍考虑;当某一种车型的平均车速低于高速公路的最高限速时,以平均车速的 0.8 倍考虑。基于以上原则我们确定以下几种车型的试验速度:

小轿车:100km/h;

大客车:80km/h;

大货车:60km/h。

3.0.3 碰撞角度

根据本课题组的调研数据及其他相关课题组的调研情况进行综合汇总(见表 3-6),最终确定碰撞角度为 20°。

表 3-6 碰撞角度调查统计表

路段	统计数量	$\theta_{\max}(\circ)$	$\theta_{\min}(\circ)$	$\theta_E(\circ)$	P15	P20
福泉厦漳高速	40	30.4	3.1	15.6	55%	70%

续上表

路段	统计数量	$\theta_{\max} (^{\circ})$	$\theta_{\min} (^{\circ})$	$\theta_E (^{\circ})$	P15	P20
厦门大桥	1			14.3		
厦门海沧大桥	1			29		
沪宁高速	9	21.1	4.2	12.7		
京石高速	71	43.8	2.9	13.3	63%	86%
石太高速	46	33.7	3.4	11.2	83%	89%
京福高速(山东段)	23	45.1	2.9	14.5	57%	83%
济青高速	56	29.4	3.7	12.2	70%	89%
京福高速(天津段)	6	26.9	6.7	16.4		
京津塘高速	41	30.4	4.3	12.4	76%	88%
海南环岛高速	15	21.7	0.8	7.6		
昆玉高速	4	17.3	1.7	9.7		
京沈高速	44	41.8	5.7	17.1	50%	73%
沈大高速	53	34.9	2.8	15.5	53%	81%
沈哈高速	5	27.4	3.8	17.1		
合计	410	34.9	2.3	13.7	64%	83%

注:表中 $\theta_{\max} (^{\circ})$ 为采样的最大值; $\theta_{\min} (^{\circ})$ 为采样的最小值; $\theta_E (^{\circ})$ 为采样的平均值;P15采样数值为 15° (包括 15°)以下样本数占总样本数的比例;P20采样数值为 20° (包括 20°)以下样本数占总样本数的比例。总样本量中剔除了大于 40° 及小于 2° 的样本量。

3.0.4

1 不同防撞等级护栏分类表

课题组根据大量的调研数据、国际相关标准体系、并经过认真分析研究最终确定了高速公路护栏的实车碰撞试验条件。

2 国内、国际关于护栏防撞等级分类

我国现行高速公路护栏的设计条件(该设计条件目前正在修订)见表 3-7、表 3-8。

表 3-7 护栏适用的公路等级及设计条件

设置地点	防撞等级	适用范围	设计条件					最大冲入距离(m)	
			车辆碰撞速度(km/h)	车辆质量(t)	碰撞角度($^{\circ}$)	车辆加速度(g)	立柱埋于土中	立柱埋于混凝土中	
路侧护栏	A	高速公路、汽车专用一级公路	60	10	15	小于4g	小于1.2	小于0.3	
	S	路侧特别危险需要加强保护的路段	80						
中央分隔带护栏	A _m	高速公路、汽车专用一级公路	60	10	15	小于4g	小于1.2	小于0.3	
	S _m	中间带内有重要构造物,需加强保护的路段	80	10	15	小于4g	小于1.2	小于0.3	

表 3-8 桥梁护栏防撞等级及设计条件

设置地点	防撞等级	适用范围	设计条件				
			车辆碰撞 速度(km/h)	车辆 质量(t)	碰撞 角度(°)	碰撞力(kN)	
						Z = 0	Z = 0.3 ~ 0.6m
路侧、中 央分隔 带	PL ₁	一般公路跨越高速公路、汽车专用一级公路	80	2.0	20	120	80 ~ 70
			50	10.0	15		
	PL ₂	高速公路、汽车专用一级公路	70	10.0	15	200	160 ~ 125
	PL ₃	桥外特别危险需要重点保护的特大桥	80	14.0	15	360	280 ~ 230

欧盟《高速公路护栏安全性能评价标准》(BS EN 1317—1998)规定的护栏的评定等级分类见表 3-9。

表 3-9 欧盟护栏等级分类

试验等级	试验种类	试验车型	车辆质量(kg)	碰撞速度(km/h)	碰撞角度(°)	
低约束	T1	TB21	轿车	1300	80	8
	T2	TB22	轿车	1300	80	15
	T3	TB41	载重汽车	10000	70	8
		TB21	轿车	1300	80	8
正常约束	N1	TB31	轿车	1500	80	20
	N2	TB32	轿车	1500	110	20
		TB11	轿车	900	100	20
高约束	H1	TB42	载重汽车	10000	70	15
		TB11	轿车	900	100	20
	H2	TB51	大型客车	13000	70	20
		TB11	轿车	900	100	20
	H3	TB61	载重汽车	16000	80	20
		TB11	轿车	900	100	20
特高约束	H4a	TB71	载重汽车	30000	62	20
		TB11	轿车	900	100	20
	H4b	TB81	载重汽车	38000	65	20
		TB11	轿车	900	100	20

英国《高速公路护栏安全性能评价标准》(BS 6779—1998)中规定的护栏等级分类见表 3-10。

表 3-10 英国的护栏等级分类

约束标准	车辆			碰撞角度(°)	碰撞车速(km/h)
	车辆质量(kg)	车 型	重心高度(mm)		
低约束:用于市区的 低速地带	1500	轿车	480~580	20	80
正常约束:用于一般 情况	1500	轿车	480~580	20	113
高约束:用于危险性 高地带	30000	四轴 载重汽车	1650	20	60

美国《高速公路安全设施安全性能评价推荐程序》(NCHRP Report 350)中规定的六种护栏防撞等级见表 3-11。

表 3-11 美国护栏等级分类

试验水平	护栏类型	试验种类	碰撞条件 ^a			碰撞点	评估标准 ^b (见表)
			车辆	名义速度 (km/h)	名义角度 $\theta(^{\circ})$		
1	长护栏	1-10	820C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S1-10 ^a	700C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		1-11	2000P	50	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	过渡段	1-20 ^d	820C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
S1-20 ^a		700C	50	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M	
1-21		2000P	50	25	(b)	A, D, F, K, L, M	
2	长护栏	2-10	820C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S2-10 ^a	700C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		2-11	2000P	70	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	过渡段	2-20 ^d	820C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
S2-20 ^a		700C	70	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M	
2-21		2000P	70	25	(b)	A, D, F, K, L, M	
3	长护栏	3-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S3-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		3-11	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
	过渡段	3-20 ^d	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
S3-20 ^a		700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M	
3-21		2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M	
4	长护栏	4-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S4-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		4-11 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		4-12	8000S	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	过渡段	4-20 ^d	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S4-20 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		4-21 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		4-22	8000S	80	15	(b)	A, D, G, K, M

续上表

试验水平	护栏类型	试验种类	碰撞条件 ^a			碰撞点	评估标准 ^b (见表)
			车辆	名义速度 (km/h)	名义角度 $\theta(^{\circ})$		
5	长护栏	5-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S5-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		5-11 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		5-12	36000V	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	过渡段	5-20 ^d	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S5-20 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		5-21 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		5-22	36000V	80	15	(b)	A, D, G, K, M
6	长护栏	6-10	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S6-10 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		6-11 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		6-12	36000T	80	15	(b)	A, D, G, K, M
	过渡段	6-20 ^d	820C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		S6-20 ^a	700C	100	20	(b)	A, D, F, H, I, (J), K, M
		6-21 ^d	2000P	100	25	(b)	A, D, F, K, L, M
		6-22	36000T	80	15	(b)	A, D, G, K, M

3.0.5 试验指标控制精度

1 美国《高速公路安全设施安全性能评价推荐程序》(NCHRP Report 350)中规定的试验指标控制精度见表 3-12。

表 3-12 美国推荐程序中规定的试验指标控制精度

车辆质量(t)	质量偏差(kg)	试验车速(km/h)	速度偏差(km/h)	试验角度($^{\circ}$)	角度偏差($^{\circ}$)
0.7	± 25	100	± 4.0	20	± 1.5
0.82	± 25	100	± 4.0	20	± 1.5
2	± 45	100	± 4.0	20	± 1.5
8	± 200	80	± 5.0	20	± 2.0
36	± 500	80	± 5.0	20	± 2.0

2 欧盟标准规定的试验指标精度见表 3-13。

表 3-13 欧盟标准规定的试验指标精度

车辆质量(t)	质量偏差(kg)	试验车速(km/h)	速度偏差(km/h)	试验角度($^{\circ}$)	角度偏差($^{\circ}$)
0.90	± 40	100	0 ~ +7	20	-1 ~ +1.5
1.30	± 65	80	0 ~ +5.6	8	-1 ~ +1.5
1.50	± 75	80	0 ~ +5.6	20	-1 ~ +1.5
10	± 300	70	0 ~ +4.9	15	-1 ~ +1.5
13	± 400	70	0 ~ +4.9	20	-1 ~ +1.5
16	± 500	80	0 ~ +5.6	20	-1 ~ +1.5
30	± 900	62	0 ~ +4.3	20	-1 ~ +1.5
38	± 1100	65	0 ~ +4.5	20	-1 ~ +1.5

3 本标准中规定的试验指标控制精度见表 3-14。

表 3-14 本标准中规定的试验指标控制精度

车辆质量(t)	质量偏差(kg)	试验车速(km/h)	速度偏差(km/h)	试验角度(°)	角度偏差(°)
1.5	± 75	100	± 4.0	20	± 1.5
10	± 300	60	± 3.0	20	± 1.5
10	± 300	80	± 3.0	20	± 1.5
14	± 400	80	± 3.0	20	± 2.0
18	± 500	60	± 3.0	20	± 2.0

4 护栏碰撞试验一般规定

4.1 试验场地

4.1.1 进行护栏实车碰撞试验不可能与道路上发生的碰撞事故完全一致,但应尽可能地与道路的实际情况相吻合,避免造成试验的严重失真。因此要求场地应水平、平坦。碰撞广场的长度应能保证观测车辆碰撞后的行驶轨迹和车辆姿态,不因为场地原因使得车辆碰撞后的正常行驶轨迹和车辆姿态而改变。

4.1.2 在进行图像采集和数据采集时,需要在护栏碰撞区设置可供采集的标准线和标准点,以便进行分析和处理。

4.1.3 实车足尺护栏碰撞试验是一项特殊的工作,试验时车速高、吨位大,碰撞过程有很大的不可预见性,任何情况都有可能发生,因此要在专用的试验场地内进行。

4.2 护栏的试验段

4.2.1 护栏试验段应能保证护栏充分发挥防护能力,根据多次试验所取得的经验,对于刚性护栏试验段的安装长度不应小于40m,护栏的碰撞点后方的护栏长度不得小于10m;对于半刚性护栏和柔性护栏试验段的安装长度不应小于70m,因为半刚性护栏和柔性护栏张力传递很强,护栏的碰撞点后方的护栏长度不得小于20m,同时护栏起始点应采取双道钢丝绳固定,钢丝绳的直径应大于16mm,半刚性护栏预紧力为不小于10kN,柔性护栏预紧力根据设计情况具体设定。钢丝绳另一端的固定可承受500kN以上的力不会松动。

4.2.2 由于护栏种类和形式很多,各种几何参数也不同,因此应详细记录。

4.2.3 护栏的材料特性数据、静态试验数据,可以为动态试验的试验数据分析提供帮助。

4.2.4 护栏试验段的现场安装,特别是基础和立柱的设置深度直接关系到护栏的防护性能,按施工规范执行可以保证试验的准确性和真实性。

4.3 试验车辆

4.3.1 试验车辆的行驶系统、转向系统、轮胎气压直接关系到试验的成功与否,其中任

何一部分出现问题都会造成车辆的行驶方向偏离,试验失败。

4.3.2 试验车辆的载荷是按一般情况规定的,严令禁止超载车辆。载荷在碰撞过程中移动易造成车辆重心偏离而翻车。

4.3.3 试验车辆应在顶部及侧面贴有用于摄像分析的标志点及标尺,这是进行图像分析和数据分析的依据。

4.3.4 在试验车辆的质量、碰撞速度、碰撞角度都相同的情况下,重心高度不同的车辆,由于碰撞力的作用方向不同,对护栏的破坏程度是截然不同的。

4.3.5 试验车辆的主要技术参数如:车长、宽、高、自重、总重量等必须记录,这些参数是计算碰撞能量、评价护栏的防护能力的重要指标。

4.4 车辆加速

4.4.1 保证车辆以平稳的速度进行碰撞,不具有任何附加的冲击。

4.4.2 保证试验的真实性和有效性。

4.4.3 保证车辆以平稳的速度进行碰撞,不具有任何附加外力。

4.5 试验仪器

4.5.2 由于实车碰撞试验中冲击加速度的固有特性,对试验仪器通道的幅值等级、特征频率、频率等级、灵敏度系数等都有具体要求,否则会使测试数据严重失真。

4.6 试验时的安全防护

由于实车足尺护栏碰撞试验有很高的不可预见性,因此除要在专用试验场地内进行试验外,还应规定安全区域,对安全区域进行必要的安全防护。并对工作人员进行安全知识培训,进行试验时对工作人员配备相应的安全装备,确保人员和设备的安全。

5 实车碰撞试验数据测试及数据分析

5.1 试验数据测试项目

本标准中规定的测试项目是根据试验所应控制的准确性和护栏所应能达到的安全防护性能制订的。其中碰撞速度、碰撞角度是试验的精度指标;假人头部性能指标、假人胸部性能指标、假人腿部性能指标、试验车辆的车体三方向加速度是评价车内乘员的安全性指标;驶出角度、碰撞后车辆的运行轨迹是评价护栏的导向性能指标;护栏最大动态变形量的测量是评价护栏的防撞性能指标。

5.2 图像采集

5.2.1 标准线或标准点通过拍摄的图像应能清楚地读取,这是进行图像分析的依据。

5.2.2 由于碰撞试验过程复杂,试验成本高,重复性差,因此应尽可能多地进行图像采集。

5.2.3 根据拍摄角度的不同,不同角度拍摄的图像只能准确记录部分的数据。

5.2.4 确保试验人员和仪器的安全。

5.3 数据采集

5.3.1 碰撞速度的测量

控制碰撞速度偏差使其在标准规定的范围之内,使得碰撞试验能够真实地反映护栏的防护性能和安全性能。

5.3.2 碰撞角度的测量

本标准中规定的碰撞角度测量方法只是其中一种,也可以采用理论计算。由于实车碰撞试验的不可预见性,应尽可能地考虑多种方法,避免只采用一种方法,由于各种原因无法采集到数据,而造成整个试验的失败。

5.3.3 驶出角度测量

驶出角度的测量也可以采用理论计算与高速摄像拍摄同时进行的方法。

5.3.4 假人各部位性能指标的测量

小型客车由于车辆质量轻、碰撞速度高,碰撞过程持续时间短,因此其各项指标要远远大于大型车辆的指标。实际的测试数据也充分证明了这一点。同时由于大型车辆没有安装安全带,即使进行测试也不能反映真实状况。因此本标准规定,在评价护栏对车内乘员的安全保护指标时只用小型客车测试,大型车辆可以不进行此项测试。

假人各部位性能指标与假人的安装位置、座椅位置、安全带的作用效果有直接的关系。

5.3.5 车体所受加速度的测量

测量车体所受加速度的传感器应避免受到其他物体的碰撞,任何微小的碰撞都会造成数据的严重失真,影响测试数据的准确性。

5.3.6 护栏最大动态变形量的测量

由于护栏最大动态变形量的测量是在车辆运动过程中,找出车辆冲入护栏的最大位移,因此测试的难度较大,标准中规定的测试方法,是通过多次试验总结的经验。

5.4 数据及图像分析

5.4.1 车内乘员的安全性分析

国际相关标准中,对于车内乘员的安全性判定方法各不相同,本标准中推荐的判定方法是根据汽车正面碰撞法规要求的各项指标来判定。虽然两种试验方法不同,但是由于正面碰撞试验车内乘员各部位的性能指标,是国际上多家研究机构根据人体的运动伤害学,经过多年的试验研究得出的结果,是国际通用的性能指标。在实车足尺护栏碰撞试验中引入此种方法,可以充分、准确地评价车内乘员的安全性。

5.4.2 车体加速度分析

车体所受冲击加速度能够间接地反映车内乘员的安全性。在实车足尺护栏碰撞试验过程中,在测试假人各部位性能指标的同时,对车体的三方向冲击加速度也进行了测试,通过多次实车碰撞试验的测试结果表明,当车体的三方向冲击加速度均不超过 $20g$ 时,假人各部位性能指标均不超标,也就是说车内乘员不会受到严重伤害。

5.4.3 车辆运行状态分析

当车辆出现钻入、骑跨、翻车等现象时,由于高速运行的车辆在很短的时间内使车辆停止,造成冲击加速度数倍增加,此时车内乘员的安全将无法保障。因此诸如以上的各种

现象是不允许发生的。

5.4.4 车辆运行轨迹分析

碰撞后的车辆要保证绝对不驶入相临车道是不现实的(特别是小型客车),我们要做的是提高护栏的导向性能和缓冲性能,尽可能地延长碰撞车辆碰撞后驶入相临车道的的时间,使得事故车辆和相临车道的车辆驾驶员有反应的时间来控制车辆,这样就能够尽可能地避免二次事故。车辆碰撞后的驶出角度小于碰撞角度的60%,及以碰撞点为基准点,20m的距离之内不驶入相临车道这两种方法是国际上很多国家的通用测试方法。

5.4.5 护栏最大动态变形量分析

由于护栏的外侧情况各不相同,有大江大河、悬崖峭壁等危险程度很高的路段,车辆如果掉下车内乘员可能会无一生还。而有些路段问题并没有这样严重,路侧情况与中央分隔带的情况也完全不同。因此根据不同路段、不同形式、不同材料的护栏,规定不同的护栏最大动态变形量是很有必要的,可以在保证安全的前提下有效地降低成本。本标准中规定的护栏最大动态变形量,是结合我国的实际情况,通过多次实车碰撞试验及国际上相关的试验标准的数据资料综合考虑得出的数据。

6 护栏防撞性能评价标准

本标准在确定评价指标的过程中进行了多次实车碰撞试验,试验的护栏结构形式包括双波梁圆形柱 Ω 托架、三波梁圆形柱 Ω 托架、三波梁H形柱 Ω 托架、三波梁H形柱H形防阻块;力柱置于混凝土中、力柱置于土中;车辆包括小客车、大客车、大货车。测试项目包括车内乘员安全指标、车辆的运行轨迹、车体加速度、护栏的最大变形量等。

6.0.1 由于护栏的防护应考虑大部分车辆的安全性能,碰撞过程中小型客车主要侧重于避免冲击加速度对车内乘员的伤害和反弹距离过大造成和其他车道正常行驶的车辆发生二次碰撞事故;大型车辆避免车辆冲出路外造成重大伤亡事故。因此应选用两种车型,其测试的侧重点也不同。

6.0.2 护栏应能有效地阻挡车辆并对车辆进行导向,禁止车辆穿越、骑跨、下穿护栏,发挥护栏最基本的防护性能,否则乘员的安全无法保障。

6.0.3 此项指标美国《高速公路安全设施安全性能评价推荐程序》(NCHRP Report 350)中规定车辆的驶出角度不大于驶入角度的60%;欧盟《高速公路护栏安全性能评价标准》(BS EN 1317—1998)规定了车辆碰撞后的运行区域,即车辆的任何部位在有效距离之内不超越限制宽度。这两种方法虽然方法不同但效果是一致的。并且根据驶出角度计算出的有效距离与欧盟《高速公路护栏安全性能评价标准》(BS EN 1317—1998)中的规定基本一致,因此本标准中规定两种方法均为有效测试方法。

6.0.4 碰撞后试验车辆应保持正常行驶姿态,不发生横转、掉头等现象。如果出现此种现象,说明护栏的缓冲性能和导向性能不良、有阻绊,可能会对乘员造成伤害或发生二次事故。

6.0.5 避免碎片(护栏的碎片)在碰撞过程中,进入驾驶室伤及车内乘员,或阻挡驾驶员视线造成车辆完全失控,避免造成其他连带事故。

6.0.6 本标准中所规定的护栏最大动态变形量,是试验结果所对应的相关数据,指标在规定的范围之内能够保障人员的安全。柔性护栏由于应用较少没有进行相关试验,根据相关资料,护栏最大动态变形量在规定的指标之内是可以保证安全的。其中需要说明的是,在制订本标准的过程中,采集了一定样本量的护栏最大动态变形量数据,但样本量仍然是有限的,因此在实际应用过程中,对于一些特殊路段的设计时进行相关的试验是必要的。

6.0.7 6.0.1~6.0.6中的每一条款都是与车内乘员的安全密切相关,缺一不可,是对护栏的基本要求,只有这样才能发挥护栏的安全防护性能,达到设置护栏的目的。

表 6-1 是根据我国《实车正面碰撞乘员保护设计规则》(CMVDR294)的测试项目进行试验的测试数据。试验数据结果表明,在所有进行假人安全指标测试的六次试验中,无论是驾驶员席还是乘员席,各项指标均在规定的数值之内,就是在此种情况下的碰撞没有对乘员造成很大的伤害,可以保证乘员的生命安全。表 6-2 是测试的车辆运行轨迹,表 6-3 是护栏的最大动态变形量试验结果。

表 6-4~表 6-6 是国际相关标准的评价要素。

表 6-1 乘员的安全指标测试数据

序号 项目	1	2	3	4	5	6	平均值
车型	小客车	小客车	小客车	小客车	小客车	小客车	—
碰撞速度(km/h)	99.40	98.90	99.90	82.00	97.50	78.6	—
碰撞角度(°)	39	20.50	19.70	19.40	20.00	19.6	—
头部 HPC 值 (驾驶员席)	332.00	15.00	236.00	2.40	28.00	3.60	122.68
胸部位移量(mm) (驾驶员席)	33.88	23.01	32.78	21.51	21.08	8.88	26.45
左腿力(kN) (驾驶员席)	6.60	0.64	1.28	0.72	0.580	0.28	1.96
右腿力(kN) (驾驶员席)	2.10	0.50	0.20	0.35	0.47	0.12	0.72
头部 HPC 值 (乘员席)	231.00	37.00	168.00	18.84	47.00	8.00	100.37
胸部位移量(mm) (乘员席)	4.40	12.08	20.02	7.04	11.80	8.95	11.07
左腿力(kN) (乘员席)	2.07	0.47	0.46	1.31	0.74	0.31	1.01
右腿力(kN) (乘员席)	33.00	0.99	0.81	1.22	0.88	1.58	7.38
车体纵向加速度 最大值(g)	18.70	7.19	21.11	12.87	8.28	2.80	13.63
车体横向加速度 最大值(g)	9.39	5.60	23.68	7.48	5.80	3.70	10.39

注:表中平均值不包含大客车数据。

表 6-2 碰撞后车辆的运行轨迹

序号	车型	碰撞速度 (km/h)	碰撞角度 (°)	护栏形式	驶出角度 (°)
1	小客车	99.40	39.00	双波 4mm、 $\phi 140$ 圆柱、 Ω 托架	0
2	小客车	97.50	20.00	双波 4mm、 $\phi 140$ 圆柱、 Ω 托架	7
3	小客车	98.90	20.50	三波 4mm、 $\phi 140$ 圆柱、 Ω 托架	9
4	小客车	99.90	19.70	三波 4mm、H 形柱、H 形缺口防阻块	11
5	小客车	82.00	19.40	三波 4mm、H 形柱、 Ω 托架	10
6	大货车	60.40	19.00	三波 4mm、 $\phi 140$ 圆柱、 Ω 托架	5
7	大客车	60.00	19.80	三波 4mm、H 形柱、 Ω 托架	2
8	大客车	62.00	19.30	三波 4mm、H 形柱、 Ω 托架	2
9	大客车	82.00	19.40	三波 4mm、H 形柱、H 形缺口防阻块	冲出护栏
10	大客车	78.60	19.60	双波 4mm、 $\phi 140$ 圆柱、 Ω 托架	2

表 6-3 护栏的最大动态变形量试验结果

序号	车型	碰撞速度 (km/h)	碰撞角度 (°)	护栏形式	最大动态变形量(m)
1	小客车	99.40	39.00	双波、4mm、立柱置于土中	0.90
2	小客车	97.50	20.00	双波、4mm、立柱置于土中	0.47
3	小客车	98.90	20.50	三波、4mm、立柱置于土中	0.38
4	小客车	99.90	19.70	三波、4mm、立柱置于混凝土中	0.08
5	小客车	82.00	19.40	三波、4mm、立柱置于混凝土中	0.12
6	大货车	60.40	19.00	双波、4mm、立柱置于土中	0.96
7	大客车	60.00	19.80	三波、4mm、立柱置于混凝土中	0.75
8	大客车	62.00	19.30	三波、4mm、立柱置于混凝土中	0.76
9	大客车	82.00	19.40	三波、4mm、立柱置于混凝土中	翻越护栏
10	大客车	78.60	19.60	三波、4mm、立柱置于土中	0.88

表 6-4 欧盟标准规定的护栏试验的评判准则

评判项目	评判准则
护栏状况	1. 护栏能阻挡车辆并导向,而护栏板不能被冲断。 2. 护栏的主要部件不能脱落,护栏的部件不能穿入乘员舱及脱落伤人。 3. 护栏立柱应符合安全护栏的设计准则
试验车辆状况	1. 试验车辆的重心不能越过变形护栏的中心线。 2. 试验车辆在碰撞过程中及碰撞后,应保持正常的行驶状态。 3. 试验车辆的运行轨迹在碰撞距离 B 内不能越过与护栏距离为 $(A + \text{车宽} + \text{车长} \times 0.16)$ 的平行线。值如下:轿车: $A = 2.2\text{m}$, $B = 10\text{m}$;其他试验车辆: $A = 4.4\text{m}$, $B = 20\text{m}$
车体乘员舱的状况	车体乘员舱在碰撞前和碰撞后进行记录车体的变形指数 VCDI (Vehicle Cockpit Deformation Index)。 其计算方法详见相应的标准 BSEN 1317-1:1998
护栏的变形状况	必须记录护栏的最大变形 D 及响应宽度 W 。响应宽度 W 是车体或护栏在碰撞过程中最内缘到最外缘的最大动态距离。 W 根据变形大小分为 8 个等级,详见相应的标准 BS EN 1317-1:1998
碰撞的剧烈程度	A ASI ≤ 1.0 ; THIV $\leq 33\text{km/h}$; PHD $\leq 20\text{g}$ B ASI ≤ 1.4 ; THIV $\leq 33\text{km/h}$; PHD $\leq 20\text{g}$ ASI (Acceleration Severity Index); THIV (Theoretical Head Velocity); PHD (Post-impact Heat Deceleration) 这三项的计算方法详见相应的标准 BS EN 1317-1:1998

表 6-5 英国标准中规定的各种试验方法的评价要素

项 目	约束情况	护栏伤害程度	护栏立柱 安装点	车辆碰撞 后的运动	车辆损伤
正常约束	① 车辆不能穿过护栏; ② 车辆在碰撞过程中最大动态变形小于 500mm	① 护栏任何部分不能松散; ② 系统的主要部分不能完全失效,即失效部分不能大于此部件横断面周长的 80%; ③ 所有连接柱、板的螺栓在原来位置	① 护栏立柱安装点不能失效; ② 连接系统不能损坏	① 车辆在碰撞后从碰撞点开始以后 10m 以内,车辆的任何部位均不能超过与护栏距离为 (2.2m + 车宽 + 0.16 × 车长) 的平行线; ② 车辆不能翻越、越过护栏	车上各个主要部件不能脱落
低约束	同上	同上	同上	同上	同上
高约束	同上	同上	同上	平行线与护栏的距离计算公式为 (4.4m + 车宽 + 0.16 × 车长), 其他内容同上	车内载有货物散落量应小于总载重量的 5%

表 6-6 美国试验规程中规定的评价标准

评价要素	评价标准
适宜的护栏结构	A. 被测护栏必须始终阻挡试验车辆并改变其行驶方向; 试验车辆不得穿透、骑跨或者越过护栏, 但允许护栏在规定范围内的横向变形弯曲
	B. 被测护栏必须在一种可预期的方式下脱离、断裂和弯曲变形
	C. 合格的护栏性能可以是: 1. 改变试验车辆行驶方向; 2. 使试验车辆在控制范围内穿透; 3. 使试验车辆在控制范围内停止
乘员保护	D. 脱离组件、碰撞碎片或其他护栏上的碰撞残移物都不得穿透乘员车厢或具有穿透乘员车厢的趋势, 也不得威胁到过往车辆、行人和在工作区内工作的人员的安全。造成乘员严重伤害的车厢内向变形、侵入是不允许的
	E. 脱离组件、碰撞碎片、其他护栏上的碰撞残移物以及车辆碰撞残移物都不得阻挡驾驶员的视线或使驾驶员失去对车辆的控制
	F. 试验车辆在碰撞过程中和碰撞之后都必须保持直立状态, 但允许适当的摇晃、倾斜和偏移方向
	G. 尽管不是非常重要, 但试验车辆最好在碰撞过程中和碰撞之后都保持直立状态
	H. 乘员碰撞速度应满足: 乘员碰撞速度极限(m/s) 项目 推荐值 最大值 纵向和横向 9 12 纵向 3 5 计算方法如下: $V_{x,y} = \int_0^{t^*} a_{x,y} dt$ 式中: $V_{x,y}$ ——乘员-汽车内部碰撞时 X, Y 方向上的速度; $a_{x,y}$ ——试验车辆在 X, Y 方向上的加速度; t^* ——车内乘员因碰撞横向位移 0.3m 或纵向位移 0.6m 所经历的时间中较小的一个。 t^* 的确定方法如下: $X, Y = \int_0^{t^*} \int_0^{t^*} a_{x,y} dt^2$ 式中: X——乘员纵向位移量, X = 0.6m; Y——乘员横向位移量, Y = 0.3m。 由上面两个积分式可分别求出对应于 X = 0.6m 的积分时间 t_x^* 及对应于 Y = 0.3m 的积分时间 t_y^* , t^* 为 t_x^* 和 t_y^* 中较小的一个

续上表

评价要素	评价标准						
乘员保护	I. 乘员撞击加速度应满足： <table border="1" data-bbox="270 204 712 261"> <thead> <tr> <th data-bbox="270 204 391 224">项 目</th> <th data-bbox="391 204 515 224">推荐值</th> <th data-bbox="515 204 712 224">乘员撞击加速度极限($G's$) 最大值</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="270 224 391 261">纵向和横向</td> <td data-bbox="391 224 515 261">15</td> <td data-bbox="515 224 712 261">20</td> </tr> </tbody> </table>	项 目	推荐值	乘员撞击加速度极限($G's$) 最大值	纵向和横向	15	20
项 目	推荐值	乘员撞击加速度极限($G's$) 最大值					
纵向和横向	15	20					
乘员保护	J. (选项) Hybrid III 型假人。评价标准应与 Part 571.208 名为 CFR 第 49 项, 第 V 章所述评价标准相符						
试验车辆 碰撞轨迹	K. 在碰撞之后, 碰撞车辆运行轨迹最好不侵入到其他临近的行车道上						
	L. 乘员碰撞速度最大不得超过 12m/s, 同时乘员纵向冲击加速度不得超过 20G's						
	M. 试验车辆的出射角度最好小于碰撞角度的 60%, 出射角度的测量点应在试验车辆刚好脱离离开被测护栏的时刻						
	N. 允许试验车辆的运行轨迹超出护栏长度						