

ICS 43.080.20

T 42

备案号:

JT

中华人民共和国交通运输行业标准

JT/T XXXXX—XXXX

客车前部结构强度要求及试验方法

Requirements and test methods of strength for the front structure of bus

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中华人民共和国交通运输部 发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 要求 1

5 试验方法 2

附录 A（规范性附录） 允许伤害指标的确定 6

附录 B（规范性附录） 假人的安放和约束系统的调整 7

附录 C（规范性附录） 用于检验生存空间的人体模型 9

附录 D（规范性附录） 部分等效试验方法 计算机模拟整车碰撞试验 11

附录 E（规范性附录） 部分等效试验方法 台车试验程序 14

前 言

本标准为首次发布。

本标准的附录A为规范性目录。

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由全国汽车标准化技术委员会客车分技术委员会(SAC/TC 114/SC22)提出并归口。

本标准起草单位：重庆车辆检测研究院有限公司，中国公路学会客车分会

本标准主要起草人：颜长征，王欣等。

客车前部结构强度要求及试验方法

1 范围

本标准规定了客车正面碰撞的技术要求和试验方法。
本标准适用于M₂类、M₃类中B级和III级公路客车（不含公交客车）。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 3730.1 汽车和挂车类型的术语和定义
- GB 11551 乘用车正面碰撞的乘员保护
- GB/T 31498 电动汽车碰撞后安全要求
- GB/T 26780 压缩天然气汽车燃料系统碰撞安全要求
- GB/T 4780 汽车车身术语
- GB 15089 机动车辆及挂车分类

3 术语和定义

GB/T 3730.1、GB 11551、GB/T 31498、GB/T 26780、GB/T 4780、GB 15089界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

生存空间 Residual space
指碰撞试验后，驾驶区（包括B级车副驾驶区）为驾驶员、副驾驶区乘员提供生存必要的空间。

4 要求

4.1 总体要求

车辆应具有足够的强度和刚度，以减少驾驶员及乘员在正面碰撞中的损伤。

4.2 技术要求

- 4.2.1 试验后，驾驶区和副驾驶区应存在生存空间，以在座椅上容纳附录 C 所规定的人体模型。当座椅处于中间位置时，人体模型按照附录 B 的要求安放后，不能与车辆非弹性部件发生接触。
- 4.2.2 对于处于乘客座椅座位的假人，按照附录 A 所确定的性能指标应满足下列要求：
 - a) 头部允许指标（HIC）应小于 500。
 - b) 颈部允许指标（NIC）应小于图 1 和图 2 限值曲线。

- c) 颈部对 Y 轴弯矩在伸张方向应小于 57 N.m。
- d) 胸部允许指标(ThAC): 胸部合成加速度指标小于 30 g(持续作用时间小于 3 ms 的峰值除外)($g=9.81\text{ m/s}^2$)。
- e) 大腿允许指标 (FAC) 应小于或等于 10 kN; 当持续作用时间大于 20 ms 时, 应小于 8 kN。

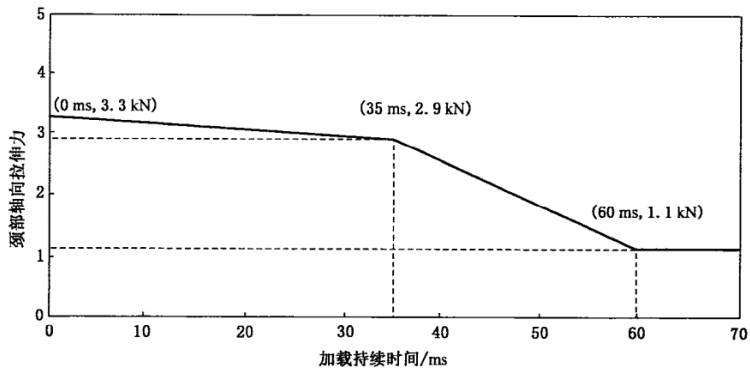


图1 颈部伸张指标图

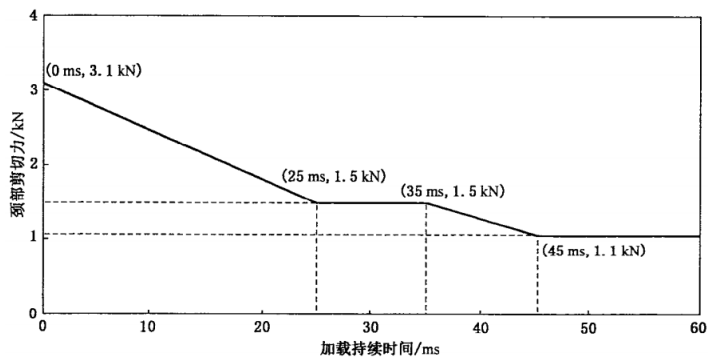


图2 颈部剪切指标图

- 4.2.3 试验过程中, 乘客门、驾驶员门、应急门不得开启。试验后, 除前轴前的其它供乘员上下的车门(包括应急门)应能正常打开。
- 4.2.4 试验过程中, 座椅的调整和锁止装置应能保持锁止状态。座椅及其车辆固定件不能失效。
- 4.2.5 试验过程中, 约束隔板及其车辆固定件不能失效。
- 4.2.6 试验过程中及试验后, 安全带不能失效。试验后, 在不使用其他工具情况下乘客座椅安全带能正常解锁。
- 4.2.7 试验过程中及试验后, 以汽油为燃料的车辆, 其燃油箱不允许发生泄漏。
- 4.2.8 对于纯电动客车, 试验后还应满足 GB/T 31498-2015 中相应要求。
- 4.2.9 对于燃气客车, 试验后还应满足 GB/T 26780-2011 中相应要求。

5 试验方法

5.1 设施及车辆准备

5.1.1 试验场地

试验场地应有容纳跑道、壁障和试验必需的技术设施。在壁障前至少20 m的跑道应水平、平坦和光滑。

5.1.2 壁障

壁障应为刚性固定壁障，壁障前部宽度不小于4 m，高度不小于4m。壁障前表面应铅垂，其法线应与车辆直线行驶方向成 0° 夹角，且壁障表面应覆以 $20\text{ mm}\pm 1\text{ mm}$ 厚状态良好的胶合板。

5.1.3 壁障的定位

壁障的方位应使碰撞角为 $0^{\circ}\pm 2^{\circ}$ 。

5.1.4 车辆状况

5.1.4.1 一般要求

准备测试的车辆无需是全部完工的“可运行”整备质量状态。但测试车辆在下列方面应与其全部完工车辆相同：

- a) 质心的位置、车辆整备质量，以及质量的分布及位置。
- b) 对车辆结构强度、约束隔板、座椅等没有影响的部件（如顶置空调、厨房设备、卫生间设备等），可由质量和安装方法相同的其它部件进行替代。这些“其它部件”对车辆结构、约束隔板、座椅等的强度不能有强化作用。并应达到a)中规定的要求。
- c) 与4.2中测量不相关的燃料、电池酸液及其它易燃、易爆或易腐蚀材料可由其它材料替代，但应达到a)中规定的要求。

5.1.4.2 轮胎气压和空气悬架

将轮胎气压调整到厂家规定的气压，悬架调整到正常使用位置或厂家规定的位置。

5.1.4.3 车辆质量

5.1.4.3.1 试验车辆质量应为整备质量。

5.1.4.3.2 以汽油为燃料的燃油箱应注入水，水的质量为制造厂规定的燃油箱满容量时的燃油质量的90%，偏差 $\pm 1\%$ （可在车辆定位后发车前进行）。

5.1.4.3.3 车载测量装置使各轴轴荷的变化不大于1%。

5.1.4.3.4 纯电动客车其可充电储能系统荷电量（SOC）至少30%且处于上电状态下进行试验。

5.1.4.3.5 燃气客车的车辆还应该按照GB/T 26780进行准备。

5.1.4.4 驾驶区及副驾驶区的调整

5.1.4.4.1 转向盘位置

若转向盘可调，则应调节到制造厂规定的通常位置，如果制造厂没有规定，则应调节到可调范围的中间位置。

5.1.4.4.2 变速杆和驻车制动

变速杆应处于空档位置，驻车制动器应松开。

5.1.4.4.3 踏板

踏板应处于正常的放松位置。

5.1.4.4.4 遮阳板和遮阳布

遮阳板及遮阳布应处于收起位置。

5.1.4.4.5 后视镜

内外后视镜应处于正常的使用位置。

5.1.4.4.6 驾驶员座椅和副驾驶乘客座椅

对于纵向可以调节的座椅，应使其“H”点（按照 GB11551-2014 附录 A 规定的程序确定）处于其行程中间位置或者最接近于中间偏后位置的锁止位置。对于有独立垂直方向调节装置或悬挂的座椅，其垂直方向应刚性的固定在制造厂规定的位置，若厂家没有规定，则应刚性的固定在高度行程的中间位置。如果座椅靠背可调，应将其调节到厂家规定的正常使用角度，若厂家没有规定，则应尽可能调节到从铅垂面向后倾斜 25° 角的位置。

5.1.4.5 车门（窗）

车门（包括应急门）和车窗应关闭。

5.1.4.6 玻璃

车辆上的活动玻璃应处于关闭位置。为了便于试验测量和观察，经制造厂同意，驾驶员侧和副驾驶乘员侧玻璃可以处于打开状态。

5.1.4.7 其他乘客座椅调整

5.1.4.7.1 座椅装饰件和附件应齐全，如座椅配有小桌或杯架，应处于收起位置。

5.1.4.7.2 如座椅可横向调节，应调节到横向最宽位置。

5.1.4.7.3 如座椅靠背可调整，应调整到使假人（按照 GB11551-2014 附录 A 规定的程序用来确定在车内乘坐位置 H 点和实际躯干角）躯干的倾角尽可能接近制造厂推荐的正常使用值，如无制造厂特定的推荐值时，尽可能靠近垂线后方 25° 处。

5.1.4.7.4 座椅扶手若可旋转，则应处于放下位置，除非受到车内假人的限制。

5.1.4.7.5 如座椅靠背装有高度可调的头枕，头枕应调节到最低位置。

5.2 假人

5.2.1 驾驶员座椅和副驾驶乘客座椅

试验后，按照附录B的规定将附录C所示人体模型牢固的安放在驾驶员座椅上，人体模型“H”点尽量与座椅实际“H”点重合。

5.2.2 其他乘客座椅

5.2.2.1 假人应符合 Hybrid III 50%假人技术要求及相应调整要求。为记录必要的的数据以便确定性能指标，假人应配备符合 GB 11551-2014 附录 D 技术要求的测量系统。

5.2.2.2 根据乘客座椅在车辆上的布置情况，按照附录 B 的规定，在车辆紧邻前部约束隔板的第一排乘客座椅的每个座位，第三排更靠前的一侧乘客座椅的每个座位上，各安放一个假人。

5.2.2.3 对于 B 级客车

5.2.2.3.1 对于左侧乘客座椅：如果驾驶员座椅及紧邻其后第一排乘客座椅之间有约束隔板，则在该第一排乘客座椅的每个座位上各安放一个假人，并同时还须在第二排乘客座椅靠窗位置安放一个假人；否则，则只在该第一排乘客座椅靠窗位置安放一个假人，并同时还须在第二排乘客座椅的每个座位各安放一个假人。

5.2.2.3.2 对于右侧乘客座椅：如果有副驾驶乘客座椅，并且紧邻其后有乘客座椅，则须在该后排乘客座椅上安放一个假人。否则，则在右侧第一排乘客座椅（非副驾驶乘客座椅）的每个座位上安放一个假人。

5.2.2.4 试验时，使用制造厂配置的约束系统。

5.3 车辆的驱动

5.3.1 车辆不得靠自身动力驱动。

5.3.2 在碰撞瞬间，车辆应不再承受任何附加转向或驱动装置的作用。

5.3.3 车辆碰撞壁障时在横向任一方偏移量均不得超过 250 mm。

5.4 试验速度

在碰撞瞬间，车辆速度应为 30 km/h~32 km/h。如果试验在更高的碰撞速度下进行并且车辆满足要求，也认为试验合格。

5.5 对假人的测量

5.5.1 为确保性能指标必需的所有测量，均应采用符合 GB11551-2014 附录 D 要求的测量系统。

5.5.2 不同的参数应该通过具备下列 CFC（通道的频率等级）的独立数据通道来记录。

5.5.2.1 对假人头部的测量

重心处的合成加速度（a）由加速度的三维分量计算得出。加速度分量测量时，CFC 为 600。

5.5.2.2 对假人颈部的测量

1) 在头颈连接处测量的轴向张力和前后剪切力，CFC 为 1000。

2) 在头颈连接处测量的对 Y 轴的弯矩，CFC 为 600。

5.5.2.3 对假人胸部的测量

重心处的合成加速度（a）由加速度的三维分量计算得出。加速度分量测量时，CFC为180。

5.5.2.4 对假人大腿的测量

轴向压缩力测量时，CFC 为 600。

5.6 车身及地板传感器

5.6.1 布置

在前部约束隔板后第一排乘客座椅椅腿所在车身骨架上粘贴车辆前进方向（x方向）加速度传感器。

5.6.2 对加速度的测量

加速度分量测量时，CFC为60。

附 录 A
(规范性附录)
允许伤害指标的确定

A.1 头部允许指标 (HIC)

此指标应按 5.5.2.1 测量的三维合成减速度来计算, 公式如下:

$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} r_r dt \right]^{2.5}$$

$$Y_v^2 = Y_l^2 + Y_v^2 + Y_t^2$$

式中: t_1 和 t_2 — 试验期间时间的任意值, t_1 和 t_2 的单位为 s;

Y_v — 头部重心位置的合减速度/加速度 ($g=9.81 \text{ m/s}^2$);

Y_l — 纵向瞬时减速度/加速度;

Y_v — 垂直瞬时减速度/加速度;

Y_t — 横向瞬时减速度/加速度。

A.2 颈部允许指标 (NIC)

1) 由在头颈连接处测量的轴向压力、张力 (F_z) 和前后向剪切力 (F_x) 确定, 单位为千牛 (kN)。

2) 颈部弯矩指标 (M_y) 由在头颈连接处的绕 Y 轴的弯矩确定, 单位为牛米 ($\text{N} \cdot \text{m}$)。

3) 颈部对 Y 轴在伸张方向的弯矩计算如下:

$$M_y = F_x * d$$

式中:

d ——传感器中心到头颈交界面的距离 ($d=0.01778$)

A.3 胸部允许指标 (ThAC)

胸部合成减速度/加速度指标由合减速度/加速度 (g) 的绝对值和减速度/加速度持续时间 (ms) 确定。

A.4 腿部允许指标 (FAC)

此指标由人体模型每条腿轴向传递的压缩力和压缩力持续时间 (ms) 确定。

附 录 B
(规范性附录)
假人的安放和约束系统的调整

B.1 人体模型的安放

- B.1.1** 试验后,将人体模型无约束的放置在试验座椅上,使其对称平面与试验乘坐位置的对称平面相一致。
- B.1.2** 向后推人体模型膝盖,使得人体模型的臀部与座椅靠背之间没有间歇或者人体模型的小腿后部与座垫的前部产生接触,并尽量使上躯干与座椅靠背相接触。
- B.1.3** 人体模型“H”点尽量与座椅实际“H”点重合。
- B.1.4** 固定人体模型与座椅的相对位置。
- B.1.5** 为了便于安装,可以座椅调整到最后位置,将解体后的人体模型在座椅上重新安装,并按B.1.1~B.1.4进行调整,然后将座椅前移至中间位置。
- B.1.6** 人体模型的手放在大腿两侧的座垫上,肘部与座椅靠背接触,两腿应尽量向前伸开,如可能应平行,脚跟接触地板。尽量使驾驶员侧人体模型的左腿及副驾驶侧人体模型的双腿分别处在纵向铅垂平面内。为进一步接近实际情况,驾驶员侧人体模型的右腿应处于铅垂平面内。

B.2 Hybrid III 50%假人的安放

- B.2.1** 将假人无约束地放置在辅助座椅上,使其对称平面与试验乘坐位置的对称平面相一致。
- B.2.2** 假人的手放在大腿上,肘部与座椅靠背接触,两腿应尽量伸开,如可能应平行,脚跟接触地板。
- B.2.3** 每个试验假人应按下列程序安放在座椅上:
- a) 将假人放置在座椅上,尽可能接近所要求的位置;
 - b) 将一块 76mm×76mm 的刚性平面尽可能低地放置在假人躯干的前面;
 - c) 以 250N~350N 的水平力将此平面压向假人躯干;

拉动假人肩部,将躯干向前拉到垂直位置,然后以背部靠着座椅靠背放回,该操作进行两次;假人躯干不移动时,头部位置应能使头颅内支承测量仪器的平台为水平,并保持头部中心平面与车辆对称平面平行;

- d) 将该刚性平面小心地移去;
- e) 将座椅上的假人向前移动,重复上述放置步骤;
- f) 如果需要,下部肢体的位置应调整;

- g) 碰撞过程中, 安装的测量仪器不得对假人的运动有任何影响;
- h) 试验前, 测量仪器系统的温度应稳定, 并尽可能保持在 $19^{\circ}\text{C}\sim 26^{\circ}\text{C}$ 范围内。

B.3 约束系统的调整

B.3.1 按B.2的规定, 在指定乘坐座椅上放置假人, 把安全带束缚在假人身上并扣上带扣。消除腰带的全部松弛量。从卷收器中拉出肩带织带, 再使之卷回, 重复操作四次。给腰带施加9 N~18 N拉力。若安全带系统带有一个预紧装置, 则按制造厂在车辆用户手册中为正常使用而推荐的方式, 给肩带以最大松弛量。若安全带系统不带拉紧—放松装置, 允许肩带多余的织带借助卷收器的卷收力自动卷回。

B.3.2 织带的自由端应伸至调节装置外足够长以允许滑移。

附 录 C
(规范性附录)
用于检验生存空间的人体模型

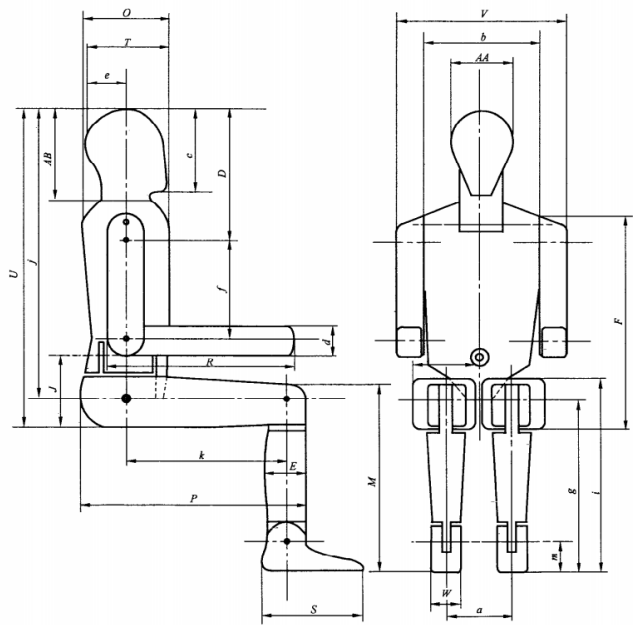


图 C. 1 第 50 百分位男性身材

人体模型见图C. 1 所示，具体尺寸见表C. 1。

表C. 1 用于检验生存空间的人体模型各部位尺寸

AA	头宽	153 mm
AB	头和颈的总高	244 mm
D	头顶至肩关节的距离	359 mm
E	下腿侧面宽度	106 mm
F	臀至肩顶的距离	620 mm
J	肘靠高度	210 mm
M	膝高	546 mm
O	胸厚	230 mm
P	臀背至膝的距离	595 mm
R	肘至指尖的距离	490 mm
S	足长	266 mm
T	头长	211 mm

U	臀至头顶的高度	900 mm
V	肩宽	453 mm
W	足宽	77 mm
a	胯骨宽	172 mm
b	胸宽	305 mm
c	头顶至颌的高度	221 mm
d	前臂厚度	94 mm
e	躯干垂直中心线至头后部的距离	102 mm
f	肩关节至肘关节的距离	283 mm
g	膝关节至地面高度	505 mm
h	大腿宽	165 mm
i	大腿上表面高度（坐时的）	565 mm
j	头顶至“H”点的距离	819 mm
k	大腿关节至膝关节的距离	426 mm
m	踝关节至地面高度	89 mm

附 录 D
(规范性附录)
部分等效试验方法 计算机模拟整车碰撞试验

计算机模拟方法只能作为基础车型试验后视同车型(改款车型)驾驶员和副驾驶生存空间的补充或者附加验证,不能作为碰撞试验的完整替代方法。

D.1 附加的数据和资料

由技术主管部门批准,可使用计算机模拟法演示车辆结构以证明符合4.2.1的规定,除附录中规定的数据和图纸外,还应提供下列资料:

- a) 对所采用的模拟及计算方法的说明,分析软件的精确度鉴定说明,至少应包括其程序、商业名称、使用版本等;
- b) 采用的材料模式及输入数据,并说明输入数据的来源;
- c) 数字模型中采用的确定的质量、质心及转动惯量的值;
- d) 计算机硬件相关信息。

D.2 数学模型

模型应能够描述依据标准第5条所进行的正面碰撞试验的真实物理行为。模型的构建及假设应能够保证计算出保守的结果。构建模型应考虑下列因素:

- a) 在实际车辆结构上进行试验以证明数学模型的有效性和验证该模型中的假设;
- b) 数学模型中使用的总质量及质心位置应与试验车辆上的一致;
- c) 数学模型中的质量分布应同试验车辆上的相符。数学模型中采用的转动惯量应以该质量分布为基础进行计算;
- d) 略去非承载件(如内饰件、玻璃和各种功能件等),保留主体承载骨架、地板和保险杠,外蒙皮可保留;
- e) 发动机、变速箱、电池包等可用刚性体建模或者以集中质量单元布置于各支撑点上,转向机构和驾驶员膝部前端的仪表板等内饰需按照实际尺寸、材料与装配关系建立;
- f) 客车有限元模型中主要变形区,推荐的网格尺寸不大于15 mm;
- g) 网格单元标准(主要针对壳单元):
 - 1) 翘曲角度(Warpage): $\leq 15^\circ$;
 - 2) 长宽比(Aspect Ratio): ≤ 5 ;
 - 3) 四边形内角(Angle Quad): $40^\circ \sim 135^\circ$;
 - 4) 三角形内角(Angle Tria): $25^\circ \sim 120^\circ$;

- 5) 雅克比 (Jacobian) : ≥ 0.6 ;
- 6) 三角形壳单元数量不超过总单元数目的 5%。

D.3 对运算法则及模拟程序的要求

- D.3.1 客车以 30 km/h~32 km/h 的初始线速度正面撞击固定刚性壁障, 客车前部与固定刚性壁障 100% 重叠。
- D.3.2 模拟计算设定的求解时间应至少等于碰撞趋于稳定所需的时间, 且仿真在未达到最大变形前模拟程序应一直进行。
- D.3.3 模拟程序应生成一个稳定的过程, 在该过程中时间递增步骤的结果是独立的。
- D.3.4 模拟程序应能计算每一时间递增步骤中能量构成的能量差额。
- D.3.5 数字模拟过程中采用非物理性的能量构成 (如沙漏和内部阻尼) 不得超过任何时间上总能量的 5%。
- D.3.6 地面接触的摩擦系数可由物理测试得出, 或者计算所采用的摩擦系数能产生保守的结果;
- D.3.7 车辆部件间所有可能的物理接触应在数学模型中加以考虑。

D.4 模拟的评估

- D.4.1 驾驶员和副驾驶乘员生存空间的情况, 按照 4.2.1 进行评估。

D.5 文件

- D.5.1 模拟报告中应包括下列资料:
 - a) D.1 中说明的所有数据和资料;
 - b) 底盘总布置图、座椅布置图以及展示前部结构数学模型的图纸;
 - c) 整车质量与质心、前后桥载荷分布以及各分总成的质量, 该数学模型的加载方法描述;
 - d) 驾驶员座椅 “R” 点坐标, 及其前后、上下调节范围;
 - e) 仿真计算中所采用的摩擦系数;
 - f) 车辆在接触刚性障碍壁时刻的速度、动能;
 - g) 以每毫秒时间递增为单位的总能量及其构成 (动能、内能、沙漏能) 值的表格, 至少包括从碰撞接触开始至达到最大变形这一期间;
 - h) 客车正面碰撞刚性壁障试验中车体的加速度时间历程曲线。
 - i) 是否符合 4.2.1 要求的说明;

- j) 各种材料实验报告、与证明模型有效性相关的各种仿真与试验的对比报告；
- k) 用于明确鉴别车型、其前部结构、乘员损伤的数学模型及计算本身的所有数据及资料。

D.5.2 报告应反映整个碰撞过程中驾驶员假人与仪表台、方向盘的位置关系。

D.5.3 如果技术主管部门要求，该报告还应提供和包括更多的信息。

附 录 E
(规范性附录)
部分等效试验方法 台车试验程序

E.1 试验设备和程序

E.1.1 台车

台车的结构应保证试验后不发生永久变形。在碰撞过程中，导向装置应确保台车在铅垂平面上偏移不超过 5° ，同时在水平面上偏移不超过 2° 。

E.1.2 试验样件的状况

E.1.2.1 座椅或约束隔板应安装在代表车身结构的试验平台上。

E.1.2.2 试验平台为座椅或约束隔板提供的固定件，其应与安装该座椅的车辆固定件相同。

E.1.2.3 约束隔板与座椅、座椅与座椅之间的相对安装位置和尺寸应与实际车辆相同。约束隔板、座椅与车辆固定件间的连接方式也应与实际车辆相同。

E.1.2.4 座椅的调整应符合 5.1.4.7 的规定。

E.1.3 试验样件的固定

E.1.3.1 试验平台应牢固地固定在台车上，以确保试验过程中不发生相对位移。

E.1.3.2 将试验平台固定在台车上的方法对座椅固定点或约束装置不应有加强作用，也不应使受试结构产生异常变形。

E.1.3.3 车辆纵轴线与台车纵轴线之间的夹角为 $0^{\circ} \pm 2^{\circ}$ 。

E.1.4 假人

假人及其放置应符合附录B的规定。

E.1.5 测试设备

E.1.5.1 台车的减速度

测量碰撞过程中试验样件减速度的传感器位置应平行于台车的纵轴线。

E.1.5.2 对假人所进行的测量

为检验所列的指标，所有必要的测量应符合 5.5 的规定。

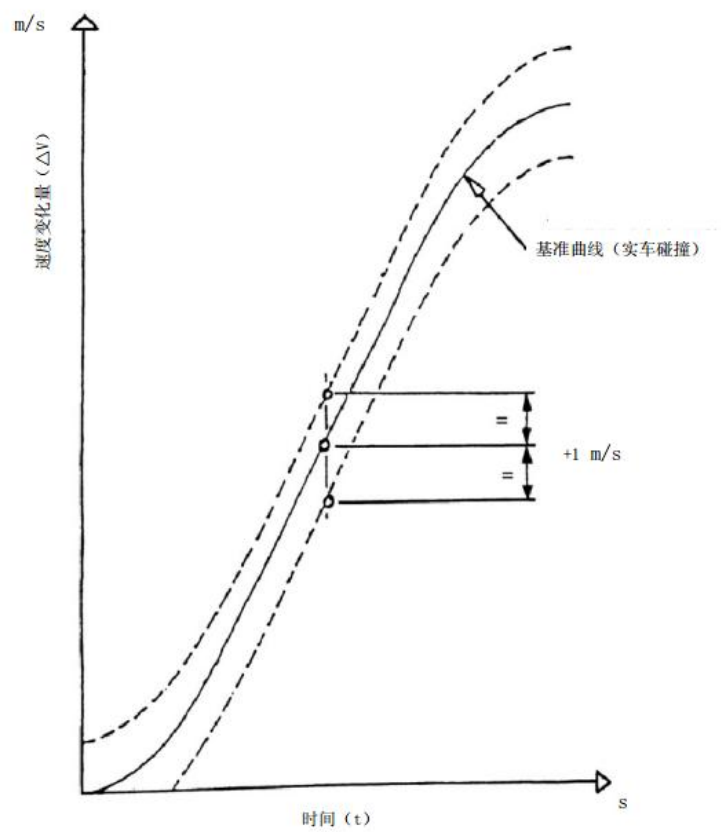
E.1.6 试验样件的减速度曲线

碰撞过程中试验样件的减速度曲线应保证：在任何点，由积分获得的“速度相对于时间的变化”曲线与本附录所规定的相关车辆“速度相对于时间变化”的基准曲线相差不超过 $\pm 1 \text{ m/s}$ 。允许用相对于基准曲线时间轴平移的方式使得受试结构的速度曲线落在图 E.1 所示范围内。

E.1.7 相关车辆的基准曲线

$\Delta V=f(t)$

该基准曲线通过相关车辆减速度曲线积分获得，而减速度曲线来自按 5.6 所规定的正面碰撞试验中约束隔板后第一排座椅椅腿所在车身骨架的测量结果。



图E.1 等效曲线-曲线 $\Delta V=f(t)$ 的公差带