

C-NCAP 管理规则

(2024 年版)

附录 I

主被动离位乘员保护虚拟测评规程

中国汽车技术研究中心有限公司

目 录

I.1 测试前提	2
I.2 模型有效性验证	2
I.2.1 模型要求	2
I.2.2 相关性评价方法	2
I.2.3 碰撞波形	3
I.2.4 部件位置调整	3
I.2.5 假人及输出设置	3
I.2.6 约束系统的触发	3
I.2.7 性能指标	3
I.3 主被动离位乘员保护虚拟测评主测试程序	4
I.3.1 加速度波形	4
I.3.2 驾驶员座椅位置	4
I.3.3 假人及输出设置	5
I.3.4 假人模型的摆放和测量	5
I.3.5 假人离位测量	7
I.3.6 监测指标	7
I.4 附件 乘员离位假人认证要求	9
I.4.1 总则	9
I.4.2 认证试验模型要求	9
I.4.3 认证试验程序	11
I.4.4 输出结果	13
I.4.5 评估方法	13

附录 I

主被动离位乘员保护虚拟测评规程

I.1 测试前提

I.1.1 对于装备自动紧急制动系统的车辆，车辆生产企业应在试验开始前向汽车测评管理中心提供本章要求的主被动离位乘员保护虚拟测评相关材料。

I.1.2 提交的材料中应包括虚拟测评结果文件、虚拟测评报告和仿真模型。虚拟测评报告内容应包括如下内容：车辆基本信息、计算环境信息、假人模型信息、车辆约束系统配置、模型设置说明、假人位置信息和虚拟预测结果，虚拟测评结果文件应包括虚拟测评报告中涉及的假人伤害结果文件及反映假人运动趋势的结果动画，文件格式不限，包括但不限于 Binout、mme 及 h3d 等；若车辆生产企业无法提供仿真模型，则需要额外提供离位乘员保护虚拟测评使用的假人模型认证报告。

I.1.3 在进行正式的主被动离位乘员保护虚拟测评前，必须进行仿真结果与整车试验之间的模型有效性验证。若不满足有效性验证要求，企业有一次重新提交材料的机会，若仍不满足，则不接受主被动离位乘员保护虚拟测评。

I.1.4 整车碰撞试验后，若车辆出现以下情况之一，则不接受主被动离位乘员保护虚拟测评试验：

- a) 正面 100%或 MPDB 碰撞试验中，主驾驶位置座椅失效包括在试验过程中或试验后，固定装置、连接装置、调节装置、移位折叠装置或锁止装置等发生完全断裂或脱开；但允许在碰撞过程中产生永久变形（如部分断裂或产生裂纹等）；
- b) 正面 100%或 MPDB 碰撞试验中，主驾驶位置安全带失效，包括安全带织带断裂；安全带带扣、调节装置、连接件之一出现断裂和脱开；卷收器未能正常工作；安全带爆燃预紧阶段，乘员舱内出现明火；
- c) 任何正面碰撞约束系统装置，如正面安全气囊、安全带预张紧器等未能正确展开。

I.2 模型有效性验证

I.2.1 模型要求

仿真模型应能分别模拟正面 100%和 MPDB 碰撞试验中前排驾驶员位置的假人损伤情况和约束系统性能表现，且模型计算结果应满足如下质量要求：

- a) 系统沙漏能量不应超过系统内能的 10%；
- b) 假人模型组件的沙漏能量不应超过假人内能的 10%；
- c) 在计算开始时，由于质量缩放导致整体模型的质量增加应小于模型总质量的 5%；
- d) 在计算开始的 0~5ms 内，假人模型的 H 点 Z 向位移应小于 10mm；

I.2.2 相关性评价方法

曲线的相关性拟合方法按照《ISO_DTS18571_2022》执行，相关性评估得分保留到小数点后三位。

1.2.3 碰撞波形

碰撞波形可以是正式评价或企业提供的波形，企业提供波形与正式评价波形通过速度曲线进行相关性拟合评价，其相关性拟合指数应不小于 0.85。

1.2.4 部件位置调整

转向管柱、座椅、安全带等部件位置调整应分别与正面 100%和 MPDB 整车碰撞试验相同。

1.2.5 假人及输出设置

1.2.5.1 正面 100%碰撞仿真模型中，在前排驾驶员座椅位置，放置 Hybrid III 50th 假人，模型应能输出假人头部加速度、胸部加速度、胸部压缩量、骨盆加速度和安全带肩带力、腰带力。

1.2.5.2 正面 MPDB 碰撞仿真模型中，在前排驾驶员座椅位置，放置 THOR 50th 假人，模型应能输出假人头部加速度、胸部加速度、胸部压缩量、骨盆加速度和安全带肩带力、腰带力。

1.2.5.3 曲线评估区间以 0 时刻为开始，评估的终止时刻可以是企业推荐值，但终止时刻不能小于假人发生最大伤害的时刻，且企业推荐的终止时刻应不大于 0.15 秒，如果企业没有推荐值，则采用 0.15 秒作为终止时刻。如果企业能够提供物理试验报告及原始结果文件，证明假人最大伤害的时刻大于 0.15 秒，则企业推荐的终止时刻可以大于 0.15 秒。

1.2.6 约束系统的触发

仿真模型中约束系统的触发时间与正式试验触发的时间误差应在±2ms 内。

1.2.7 性能指标

表 I.1 列出了正面 100%和 MPDB 碰撞中假人各个测量部位和测量参数，以及相应的滤波频率等级。下列测量指标的相关性拟合指数应均不小于 0.7。

表 I.1 正面 100%和 MPDB 碰撞测量部位和测量参数

项目	测试部位	测试参数	滤波频率等级 CFC	考核指标
驾驶员 Hybrid III 50 th 男性假人	头部	加速度 Ax、Ay、Az	1000	合成加速度
	胸部	加速度 Ax、Ay、Az	180	合成加速度
		压缩量	180	胸部压缩量
	骨盆	加速度 Ax、Ay、Az	1000	合成加速度
	安全带负载	肩带力 (B3)	60	力
		腰带力 (B6)	60	力
驾驶员 THOR 50 th 男 性假人	头部	加速度 Ax、Ay、Az	1000	合成加速度
	胸部	T4 加速度 Ax、Ay、Az	600	合成加速度
		压缩量	180	最大胸压传感器位置
	骨盆	加速度 Ax、Ay、Az	1000	合成加速度
	安全带负载	肩带力 (B3)	60	力
		腰带力 (B6)	60	力

1.3 主被动离位乘员保护虚拟测评主测试程序

1.3.1 加速度波形

1.3.1.1 制动阶段使用标准波形，波形持续时间为 500ms，波形最大加速度为 0.8g（如图 I.1 所示）。

1.3.1.2 碰撞阶段分别使用正面 100%和 MPDB 试验中车辆 B 柱加速度波形，可以是正式评价或企业提供的波形。若企业提供波形，与正式评价波形相比，其相关性拟合指数应不小于 0.85。

1.3.1.3 企业所提供的波形与正式试验波形是通过速度曲线进行相关性拟合评价，正式试验的速度曲线是通过车辆加速度（CFC 60）积分得到。

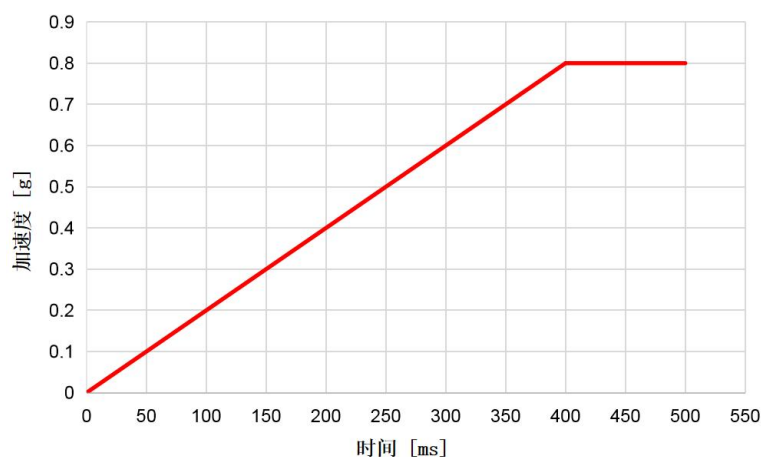


图 I.1 制动阶段加速度波形

1.3.2 驾驶员座椅位置

驾驶员座椅模型位置应与正面碰撞试验中座椅位置保持一致，驾驶员座椅位置调整要求见表 I.2。

表 I.2 仿真模型驾驶员座椅位置参数调整

项目	调整要求	备注
驾驶员位置	座椅前后	最前和最后的中间位置 若无法锁定在中间位置，则设置为最接近于中间位置的向后锁止位置
	坐垫倾角	设计位置 允许调到中间位置，否则取最低位置
	座椅高度	设计位置或最低位置 /
	躯干角	设计位置 或者与竖直方向成25°
	座椅腰部支撑	设计位置或完全缩回 /
	座椅腿部支撑	收回位置 /
	前排座椅头枕高度&倾角	中间锁止位置 /
	座椅扶手	收起位置或设计位置 /
	座椅安全带固定点	50百分位设计位置 若无设计位置，则为中间位置或靠近中间偏上的锁止位置
	方向盘	水平、竖直方向中间位置 /

1.3.3 假人及输出设置

1.3.3.1 虚拟测评使用一个 THOR 50th 假人模型进行制动阶段和碰撞阶段一体化测试。

1.3.3.2 前排驾驶员位置放置 THOR 50th 假人模型，其性能规格应符合附录 I.4 和附录 B.14 规定的技术要求。

1.3.3.3 车辆生产企业应声明假人模型准确，并提供证明材料如假人模型的生物仿真性能和动力学特性。

1.3.3.4 仿真结果输出的时间间隔应为 0.1ms，仿真动画输出的时间间隔应不超过 2ms。

1.3.3.5 仿真模型应建立在构成重力载荷的垂直加速度场中。

1.3.4 假人模型的摆放和测量

1.3.4.1 假人模型定位

在虚拟测评前进行假人模型定位，假人模型的摆放姿态应与 MPDB 试验中 THOR 50th 假人姿态尽量保持一致，并详细记录假人定位结果。

1.3.4.1.1 手臂

上臂应尽可能靠近躯干。

1.3.4.1.2 躯干和肩部

背部应接触座椅靠背。假人对称面应铅垂并平行于车辆纵向中心线，与座椅的纵向中心线重合。

1.3.4.1.3 H 点

驾驶员侧假人的“H”点应在一个规定点的铅垂方向和水平方向各为 13mm 的范围内，该点位于 B.7.1.1.12 规定的程序所确定的 H 点向上 20mm、向前 20mm 的位置处。

1.3.4.1.4 骨盆角度

骨盆角应在 $0^\circ \pm 1^\circ$ (X) 和 $33^\circ \pm 2.5^\circ$ (Y) 范围内。

1.3.4.1.5 躯干

躯干应与座椅中心对齐。躯干设计角应在制造商推荐值 $0^\circ \pm 1^\circ$ (X) 和 $\pm 1^\circ$ (Y) 的范围内。如果没有推荐值，在测试信息中详细记录测量角度。

1.3.4.1.6 若假人定位不能完全满足上述要求，应优先考虑 H 点位置，然后是骨盆角，最后是躯干角。

1.3.4.1.7 手

假人的手掌应在方向盘轮缘水平中心线处和轮缘外侧，拇指应放在方向盘轮缘上，但不应有初始穿透。

1.3.4.1.8 头部

若头枕位置影响头部定位，导致头部重心向前偏移，则需进行头枕调整。首先在 X 方向上向后移动头枕，必要时调整头枕 Z 向保证不与头部干涉。若仍然存在干涉，并且无法进一步调整头枕，则继续进行测试。在测试信息中详细记录头部角度。

1.3.4.1.9 腿

如果假人膝盖接触仪表盘，或两者之间间隙小于 30mm，应向后移动座椅至最近的锁止位置，直到满足上述要求，并详细记录 H 点的修正位置。

假人大腿应尽可能靠着座垫。双腿膝部 U 形凸缘金属外表面间距应在 $270\text{mm} \pm 10\text{mm}$ 范围内。当左脚放置在搁脚板上或（和）右脚放置在加速踏板上时，膝间距可以忽略。应尽量使双腿应分别处在纵向铅垂平面内。

1.3.4.1.10 脚

右脚应放在未踩下的加速踏板上，处于地板表面上的脚跟最后点应在踏板平面内。若右脚不能放在加速踏板上，则应垂直于小腿放在适当位置，且沿踏板中心线方向尽量靠前，脚跟最后点搁在地板表面上。

若有歇脚板，将左脚完全放置在歇脚板上，保持小腿位于同一个铅垂平面内，并忽略膝部间距 270mm 的要求；若无歇脚板，将左脚尽量平放在搁脚区并平行于车辆中心线，同时保证左脚到座椅中心的距离与右脚一致。

1.3.4.2 安全带设置

1.3.4.2.1 模型中安全带安装固定点的位置应与车辆状态保持一致，包括：卷收器安装位、安全带锁扣固定点，安全带下固定点等。

1.3.4.2.2 测试中假人应系好安全带。安全带处于自然佩戴位置，肩带不应靠近或接触颈部，织带应贴合假人模型表面，但不应有初始穿透。

1.3.4.2.3 根据制造厂商提供的数据，确定测试安全带是否配备主动元件（如主动预紧式安全带）。

1.3.4.2.4 对于各个需要触发的元件，车辆制造厂商应该说明准确的触发时刻。

1.3.4.3 假人位置测量

在假人定位程序完成后应对假人模型的相对位置进行测量，如图 I.2 及表 I.3 所示。

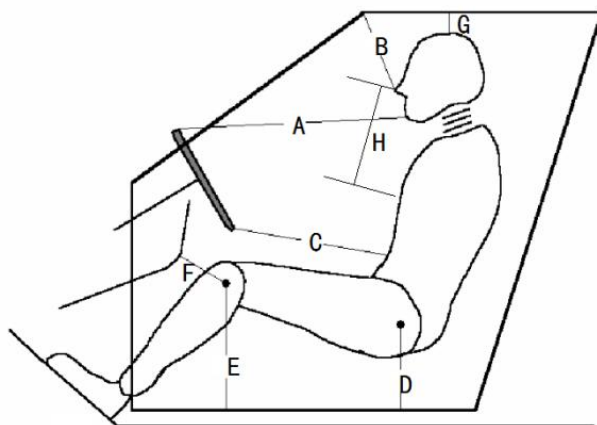


图 I.2 正面制动阶段假人相对位置测量示意图

表 1.3 正面制动阶段假人相对位置测量表

驾驶员位置 50 百分位男性假人	
A	下颚到方向盘上轮缘
B	鼻子到风挡玻璃顶端
C	腹部到方向盘
D	H 点到门槛顶端
E	膝关节到门槛顶端
F	膝关节到仪表板边缘
G	头至车顶
H	鼻子到肩带（垂直）
I	H 点坐标（相对车身）

1.3.5 假人离位测量

1.3.5.1 为保证假人离位测试的有效性，假人头部离位达到峰值后应保持稳定状态。

1.3.5.2 测试过程中，通过仿真动画和头部质心点位移曲线来确定假人离位是否稳定。

1.3.5.3 若在制动波形持续时间内假人离位未达到峰值，可适当延长制动波形最大加速度的持续时间，以便假人离位达到稳定位置。

1.3.5.4 测试过程中，安全带卷收器应能进入紧急锁止状态，并记录在卷收器锁止之前所产生的织带拉出量。

1.3.5.5 测量并记录制动过程中假人运动轨迹，包括头部质心位置、H 点位置等。

1.3.5.6 测量并记录制动过程中安全带卷收量、肩带力和腰带力。

1.3.6 监测指标

表 1.4 列出了各测量部位的传感器滤波等级。所有通道数据均应记录。在碰撞过程中，因假人头部反弹产生的头颈部伤害不列入计算范畴。

表 1.4 正面碰撞假人传感器滤波等级

	测量部位	测量参数	滤波频率等级 CFC	伤害指标计算
驾驶员 THOR 50 th 男性假人	头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	1000	HIC_{15} 合成加速度 3ms 过载量
	颈部	力 F_x 、 F_z	1000	颈部伸张 F_z 峰值 颈部剪切 F_x 峰值 伸张 M_y 峰值
		力矩 M_y	600	
	胸部	胸部压缩量 R_{max}	180	变形峰值
	腹部	腹部压缩量	180	变形峰值

1.3.6.1 头部

合成加速度值合成加速度值和 HIC 值通过如下公式计算：

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$
$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{\int_{t_1}^{t_2} A_R \cdot dt}{(t_2 - t_1)} \right]^{2.5}$$

式中： A_x 、 A_y 、 A_z ——三个方向加速度值，单位为 g；

$$t_2 - t_1 \leq 15\text{ms}。$$

1.3.6.2 脑损伤

按照 Euro NCAP TB035 技术要求进行监测。

1.3.6.3 颈部

计算颈部伸张力矩：

$$My(OC) = My$$

1.3.6.4 胸部

计算胸部总体变形量峰值：

$$R_{max} = \max(UL_{max}, UR_{max}, LL_{max}, LR_{max})$$
$$[U/L | R/L]_{max} = \max(\sqrt{[L/R]X(t)_{[U/L]s}^2 + [L/R]Y(t)_{[U/L]s}^2 + [L/R]Z(t)_{[U/L]s}^2})$$

式中，

$[U/L | R/L]_{max}$ ——左上胸、左下胸、右上胸、右下胸合成变形量的峰值，单位为毫米（mm）；

$[L/R][X(t)/Y(t)/Z(t)]_{[U/L]s}$ ——左上胸、左下胸、右上胸、右下胸在各自局部坐标系下沿 X、Y、Z 轴变形量的时间历史曲线，单位为毫米（mm）。

1.3.6.5 腹部

腹部 X 向变形量峰值，单位为毫米（mm）。

I.4 附件 乘员离位假人认证要求

I.4.1 总则

I.4.1.1 车辆生产企业应在主被动离位乘员保护虚拟测试试验之前，根据本试验程序规定条件进行仿真模型计算，提供相应的仿真模型报告和仿真结果文件。汽车测评管理中心会对仿真模型进行有效性验证，并根据本试验认证方法对假人模型进行适用性评估。

I.4.1.2 车辆生产企业提供的仿真模型报告内容需体现如下内容：模型设置说明、假人模型基本信息及假人模型初始位置信息（包括假人模型头部质心点）、安全带肩带力、腰带力表现、模型能量变化与质量增加、假人模型头部质心点 x 向位移。

I.4.1.3 车辆生产企业提供的仿真结果文件需符合 I.4.4 要求。

I.4.1.4 乘员离位假人模型认证试验针对 50 百分位假人模型进行评估。

I.4.2 认证试验模型要求

I.4.2.1 台车模型

I.4.2.1.1 台车模型由座椅、踏板和地面组成，台车模型尺寸及相对位置如图 I.3 所示。

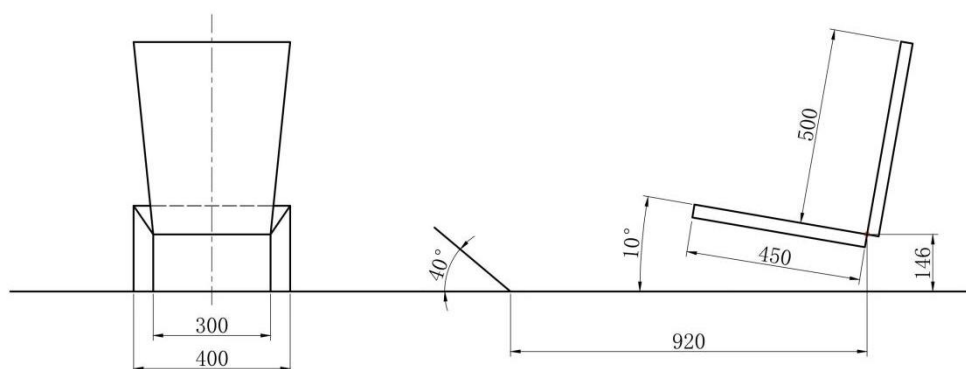


图 I.3 台车模型

I.4.2.1.2 座椅、踏板和地面均设置为刚体材料。

I.4.2.2 全局坐标系

坐标系原点为座椅背板与座板相接线的中点。台车座椅后方为 x 轴正方向，座椅右侧为 y 轴正方向，竖直向上为 z 轴正方向，如图 I.4 所示。

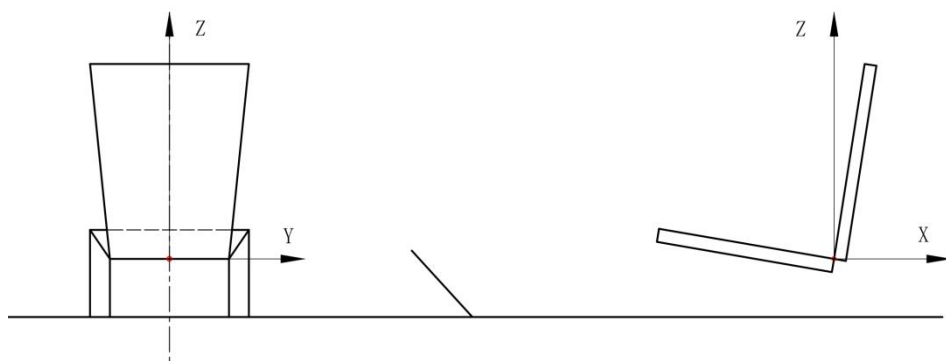


图 1.4 全局坐标系

1.4.2.3 假人模型

假人模型中应包括与真实人体一一对应的头部、颈部、胸部、手臂、躯干、骨盆、腿部和脚。假人模型姿态为坐姿。

1.4.2.4 安全带模型

1.4.2.4.1 安全带模型为普通三点式安全带，包括织带与四个固定点（上固定点、下固定点 1（带扣侧）、下固定点 2、卷收点），安全带模型中没有预紧装置与卷收器。

1.4.2.4.2 安全带织带带宽 50mm，厚度 1.2mm，单位长度质量为 $5.85\text{E-}6\text{ kg/mm}^3$ 。

1.4.2.4.3 安全带织带与假人模型接触部分使用二维壳单元建模，应保证模型计算全程均为二维壳单元与假人模型接触。

1.4.2.4.4 安全带织带初始位置与假人模型胸部及腰腹部贴合，但不应有初始穿透。

1.4.2.4.5 安全带材料加载力-应变曲线与卸载力-应变曲线如图 1.5 所示。

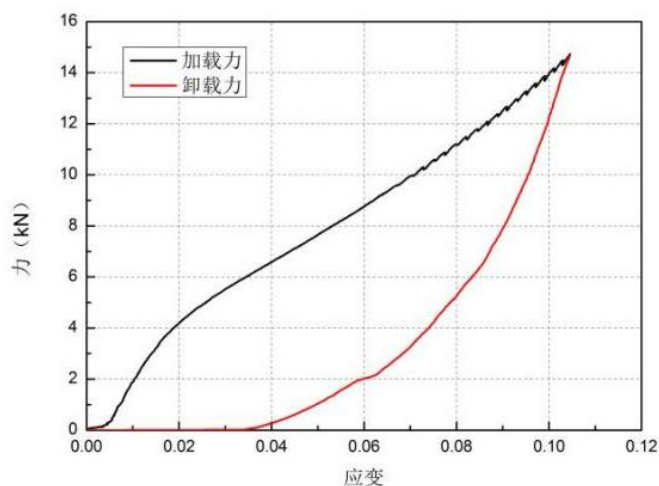


图 1.5 安全带加载力/卸载力-应变曲线

1.4.2.4.6 安全带固定点与台车模型相对位置如图 1.6 所示。

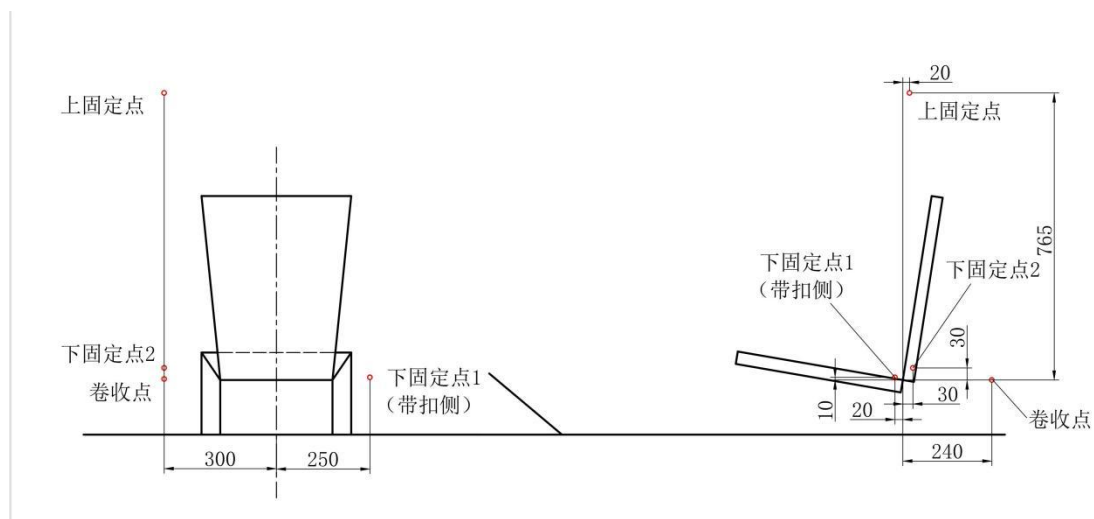


图 1.6 安全带固定点位置

1.4.3 认证试验程序

1.4.3.1 假人模型定位

企业可以自主选择假人定位方式，并通过预模拟或者重新布置网格的方式进行假人模型姿态调整。假人模型背部靠近座椅背板，腿部自然弯曲，脚部放置于踏板，手臂自然摆放于大腿两侧。

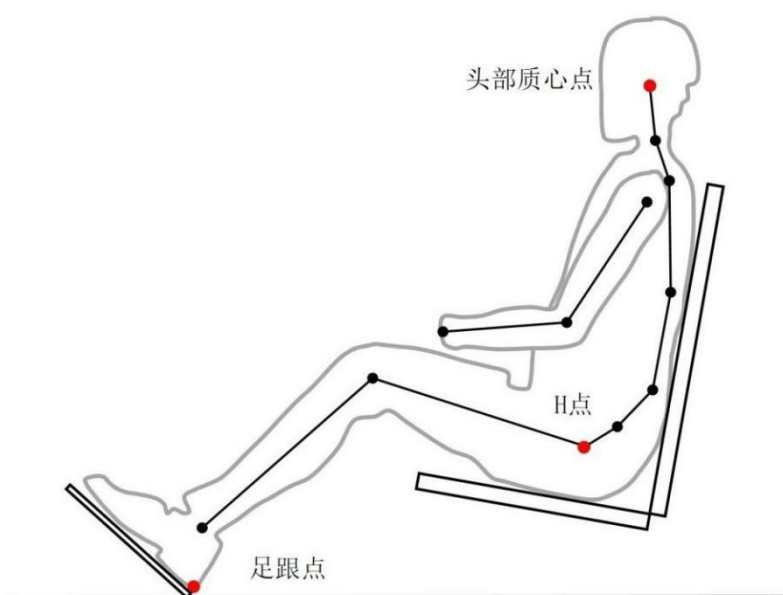


图 1.7 假人模型姿态示意图

1.4.3.1.1 H 点

全局坐标系中，假人模型 H 点 x 坐标应位于 $-150\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 范围内，z 坐标位于 $145\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 范围内。

1.4.3.1.2 头部质心点

全局坐标系中，假人模型头部质心点 x 坐标应位于 $-50\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 范围内， z 坐标应位于 $840\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 范围内。

I. 4. 3. 1. 3 足跟点

全局坐标系中，假人模型足跟点 x 坐标应位于 $-920\text{mm}\pm 5\text{mm}$ 范围内。

I. 4. 3. 1. 4 骨盆角

骨盆角应在 $20.5^\circ\pm 1.5^\circ$ 范围内。

I. 4. 3. 1. 5 头顶角

头顶平面角应在水平 $\pm 1.5^\circ$ 范围内。

I. 4. 3. 1. 6 假人对称面应铅垂并与座椅的纵向中心线重合。

I. 4. 3. 1. 7 假人模型各部位均不得人为连接或约束，不得出现初始穿透。

I. 4. 3. 1. 8 假人模型应建立在构成重力载荷的垂直加速度场中，并在加载前保持垂直方向稳定。

I. 4. 3. 2 加速度波形

I. 4. 3. 2. 1 加速度波形使用加速度-时间曲线如图 I.8 所示。仿真全程应保证台车模型与安全带固定点具有相同的加速度。

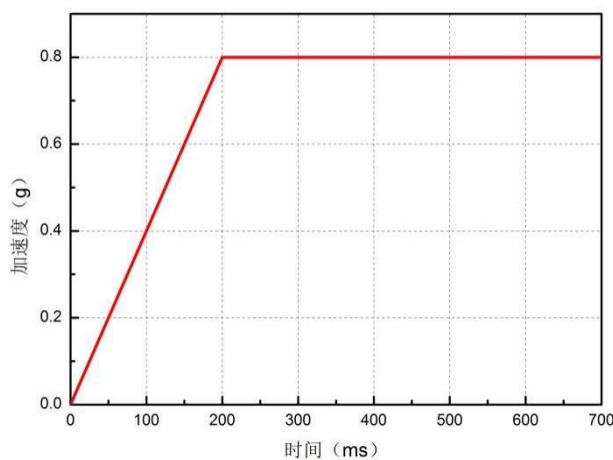


图 I. 8 模型加速度曲线

I. 4. 3. 3 模型设置

I. 4. 3. 3. 1 假人模型与安全带之间、假人模型与座椅之间、假人模型与踏板之间设置接触，摩擦系数设置为 0.3。

I. 4. 3. 3. 2 模型计算总时间为 0.7s。

I. 4. 3. 3. 3 假人模型头部质心位置应设置节点，确保计算完成后可输出假人头部质心随时间变化的 x 方向位移。

1.4.4 输出结果

1.4.4.1 模型计算结果文件（例 Binout、h3d 等）需包括以下内容：

- a) 模型质量增加及能量变化，如动能、势能、沙漏能等计算结果信息；
- b) 假人模型头部质心点的速度、加速度等计算结果信息；
- c) 假人模型和台车、假人模型和安全带之间的接触力；
- d) 模型计算全过程动画。

1.4.4.2 仿真结果输出的时间间隔应为 0.1ms，仿真动画输出的时间间隔应不超过 2ms。

1.4.5 评估方法

本程序评估方法依据认证通道判定，提取计算结果头部质心点在以坐标原点为基准的局部坐标系中 x 方向轨迹，并与通道进行比较。若头部质心轨迹完全处于通道内，则认定该假人模型适用于主被动乘员离位的虚拟测评。图 I.9 为乘员离位假人头部质心轨迹认证通道。

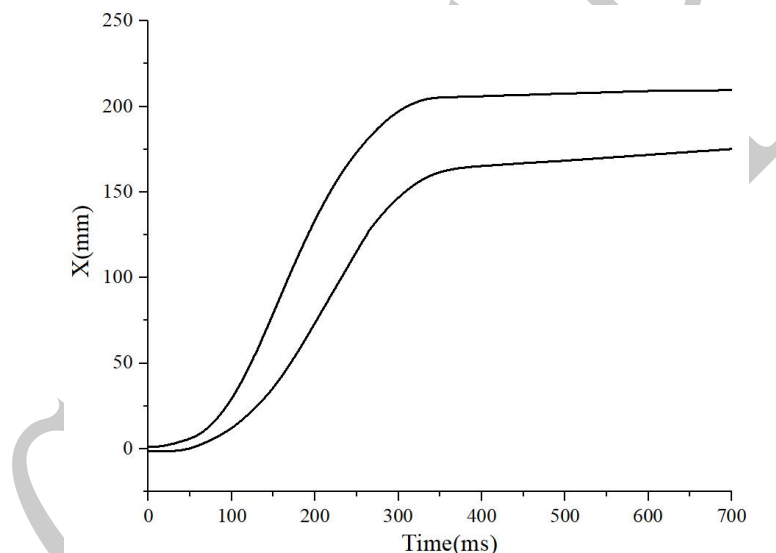


图 I.9 头部质心轨迹认证通道