

IVISTA

中国智能汽车指数

编号: IVISTA-SM-ISLPS-RP-A0-2023

智能安全指数 被动安全评价规程

Intelligent Safety Index

Passive Safety Rating Protocol

(2023 版)

中国汽车工程研究院股份有限公司 发布

目 次

1 范围	1
2 简介	1
3 评价方法	1
4 整体评价方法	1
附 录 A 驾驶员侧正面 25%偏置碰撞评价方法	3
附 录 B 乘员侧正面 25%偏置碰撞评价方法	21
附 录 C 正面 50%偏置碰撞评价方法	40
附 录 D 侧面碰撞评价方法	60

被动安全评价规程

1 范围

本文件规定了IVISTA中国智能汽车指数-智能安全指数-被动安全的评价方法。

2 简介

智能安全指数的被动安全包含正面碰撞（驾驶员侧正面 25%偏置碰撞、乘员侧正面 25%偏置碰撞、正面 50%偏置碰撞）、侧面碰撞项目评价，同时基于正面碰撞和侧面碰撞项目评价结果进行整体评价。

3 评价方法

被动安全各项目评价方法如下表 1 所示。

表 1 被动安全评价方法一览表

序号	项目名称		评价方法
1	正面碰撞	驾驶员侧正面 25%偏置碰撞	详见附录 A
2		乘员侧正面 25%偏置碰撞	详见附录 B
3		正面 50%偏置碰撞	详见附录 C
4	侧面碰撞		详见附录 D

4 整体评价方法

被动安全整体评价分为优秀(G)、良好(A)、一般(M)和较差(P)，共四个评价等级。

a) 整体评价为优秀(G)：驾驶员侧正面 25%偏置碰撞、乘员侧正面 25%偏置碰撞、正面 50%偏置碰撞、侧面碰撞测试中，四项评级均为优秀(G)。

b) 整体评价为良好(A)：驾驶员侧正面 25%偏置碰撞、乘员侧正面 25%偏置碰撞、正面 50%偏置碰撞、侧面碰撞测试中，四项评级均 \geq 良好(A)。

c) 整体评价为一般(M)：驾驶员侧正面 25%偏置碰撞、乘员侧正面 25%偏置碰撞、正面 50%偏置碰撞、侧面碰撞测试中，四项评级均 \geq 一般(M)。

d) 整体评价为较差(P)：不满足 4 中 a)、b)、c)要求的其他情况。

具体的评价方法见表 2。

表 2 被动安全整体评价

驾驶员侧正面 25%偏置碰撞	乘员侧正面 25%偏置碰撞	正面 50%偏置碰撞	侧面碰撞	整体评级
四项评价均为优秀 (G)				优秀 (G)
四项评价均 \geq 良好 (A)				良好 (A)
四项评价均 \geq 一般 (M)				一般 (M)
其他				较差 (P)

附录 A 驾驶员侧正面 25%偏置碰撞评价方法

A.1 简介

驾驶员侧正面 25%偏置碰撞评价分为约束系统和假人运动、假人伤害、车辆结构三个方面。本规程对评价方法进行了详细描述。

A.2 约束系统和假人运动等级评定

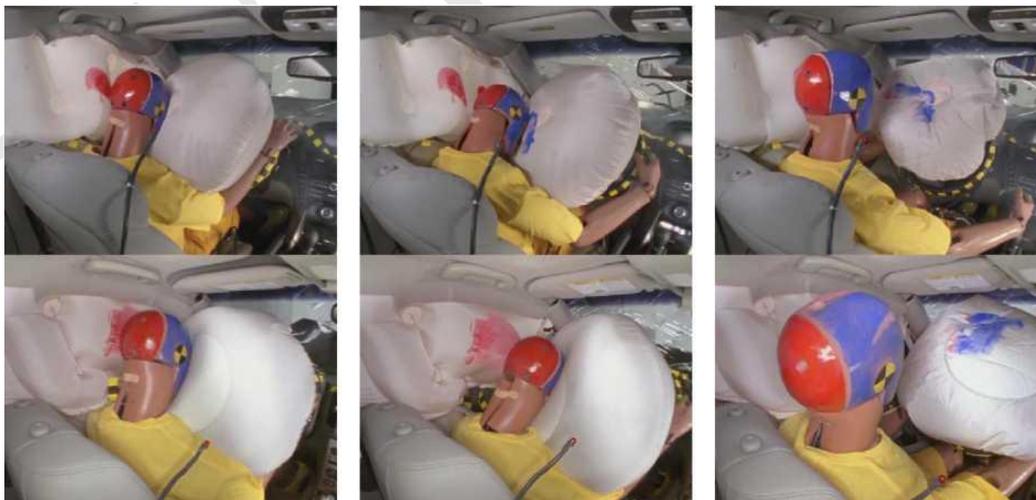
A.2.1 前排乘员约束系统和假人运动等级评定

A.2.1.1 正面头部保护

A.2.1.1.1 稳定的正面安全气囊作用（0 个缺陷，见图 A.1）是指假人向前移动并接触到完全展开的安全气囊后直接回弹返回座位。

假人向前移动过程中，位于正面安全气囊上的假人头部可以进行旋转或滑动，但头部需保持在安全气囊展开范围内。

若假人的头部离开安全气囊滑入安全气囊和车门之间的间隙，则认为是不稳定的接触，将会导致 1~2 个缺陷，除非有额外的保护措施防止头部碰到硬体结构，例如，覆盖 A 柱的侧面安全气囊或 A 柱安全气囊。



注：假人向前移动并一直与完全展开的正面安全气囊接触直到开始回弹。

图 A.1 稳定的正面安全气囊作用示例

A.2.1.1.2 局部的正面安全气囊作用（1 个缺陷，见图 A.2、A.3、A.4 和 A.5）是指假人向前移动并接触到展开的安全气囊，但假人头部部分离开安全气囊滑入安全气囊和车门之间的

间隙。

例如，假人头部旋转过度、沿正面安全气囊滑动过度或最初接触位置为安全气囊边缘，导致假人的头部滑入安全气囊和车门之间的间隙。

在假人前倾量达到最大时，若安全气囊提供的额外正面保护极小（例如，在假人和内部结构之间的安全气囊体积较小），则也认为是局部的正面安全气囊作用。



注：碰撞过程中，假人头部滑入正面安全气囊和侧面头部保护安全气囊之间的间隙之前短暂地受到了正面安全气囊的作用力（正面安全气囊较窄，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触）。

图 A. 2 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了安全气囊的作用力，但随后绕气囊旋转滑到了左侧，而且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 A. 3 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了正面安全气囊的作用力，随后直接滑到左侧，而且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 A. 4 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了正面安全气囊的作用力，但随后绕气囊局部滑动到了左侧，碰到 A 柱。

图 A.5 局部正面安全气囊作用示例

A.2.1.1.3 极小的正面安全气囊作用（2 个缺陷，见图 A.6 或 A.7）是指假人向前移动过程中，头部大部分移动到车门和正面安全气囊之间的间隙，且安全气囊的约束很小或没有，并且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。



注：碰撞过程中，假人头部在滑动到左侧之前几乎没有接触到正面安全气囊，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 A.6 极小的正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部完全没有接触正面安全气囊，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 A.7 极小的正面安全气囊作用示例

A.2.1.1.4 头部发生气囊“触底”（1 个缺陷），是指在假人头部与气囊深度接触过程中，若头部加速度曲线存在一个或几个明显的上升沿，对引起明显局部峰值的起始点和终点进行线性平滑处理，如果局部峰值比平滑值高出 5 g 以上，且持续时间大于 3 ms，则认为头部与正面安全气囊发生“触底”。

A. 2. 1. 1. 5 方向盘横向移动过度（1 个缺陷）是指方向盘中心横向移动超过 10cm。

A. 2. 1. 1. 6 头部发生两次或多次硬接触（1 个缺陷）是指出现两次及以上导致头部合成加速度超过 70g 的硬接触。

如出现一次头部合成加速度超过 70g 的硬接触，则头部和颈部伤害评定等级降低一级，但在约束系统和假人运动评价部分不计缺陷。忽略因拆掉座椅头枕导致假人头部回弹与 B 柱的接触。

A. 2. 1. 1. 7 若正面安全气囊未展开或未及时展开，则约束系统和假人运动等级判定为较差。

A. 2. 1. 2 侧面头部保护

A. 2. 1. 2. 1 侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分（0 缺陷），是指侧面安全气囊（例如，安装在车顶上的气帘、安装在车门上的气帘或安装在座椅上的带有头部保护功能的侧面安全气囊）展开后气袋室向前至少延伸至方向盘中心在其最前（车辆行驶方向）可伸缩位置（若可调整）正交垂直面处。若侧面头部保护安全气囊在展开过程中被卡住，则不能被判定为侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分。

A. 2. 1. 2. 2 侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围有限（1 个缺陷），是指侧面安全气囊展开但是未延伸到方向盘中心在其最前可伸缩位置（若可调整）正交垂直面处。若侧面头部保护安全气囊满足“侧面头部保护安全气囊防抛性能试验规程”，则不计缺陷。

A. 2. 1. 2. 3 侧面头部保护安全气囊未展开（2 个缺陷），是指侧面安全气囊未配备、未展开或展开后未能提供有效的侧面头部保护，例如假人头部移动到侧气囊覆盖范围外。

A. 2. 1. 2. 4 头部侧向位移过度（1 个缺陷，见图 A.8），是指碰撞过程中头部超过二分之一的部分移动到了驾驶员侧窗未变形前的轮廓外侧。



注：假人向外运动时，由于车辆内部结构以及缺乏侧面头部保护安全气囊等原因，假人头部移动到了驾驶员侧窗未变形前的轮廓外侧。

图 A. 8 头部侧向位移过度示例

A. 2. 1. 3 正面胸部保护

A. 2. 1. 3. 1 方向盘垂直移动过度（1 个缺陷），是指方向盘中心垂直移动（Z 向）超过 10cm。

A.2.1.3.2 方向盘横向移动过度（1个缺陷），是指方向盘中心横向移动（Y向）超过15cm。

A.2.1.4 乘员防护和其它

A.2.1.4.1 乘员前倾过度（1个缺陷），是指假人最大纵向位移超过250mm。

若同时存在以下三个条件，则此缺陷不适用：

- 1) 假人与正面安全气囊稳定接触；
- 2) 方向盘横向移动≤10cm；
- 3) 方向盘垂直移动≤10cm。

若在试验过程中，腰带松弛量>100mm，则判定为乘员前倾过度。

A.2.1.4.2 乘员有烧伤风险（1个缺陷），是指安全气囊起爆产生的热气导致假人身体部件或衣物熔化或燃烧。

A.2.1.4.3 内饰板/车内硬质部件飞出（1个缺陷），是指碰撞过程中带有锐边、尖角内饰板（圆角小于2.5mm）或硬质部件从车体飞出，撞击假人面部，产生受伤风险。

A.2.1.4.4 安全带无法解锁或解锁力过大（1个缺陷），是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于60N。

A.2.1.4.5 座椅不稳定（1个缺陷），是指座椅调节和与乘员位置有关的部分因车辆底板或座椅升降结构变形而受到影响（如座椅任意两个固定点之间的相对垂直位移≥6cm，或其它一些变形造成座垫总成向外或向前移动）。但是只有当座垫骨架向外或向前移动，对假人运动造成负面影响，直接导致假人向前或向外移动过度时，才可以判定该项缺陷。

A.2.1.4.6 座椅固定失效（约束系统和假人运动等级判定为较差），是指座椅固定点断裂或滑轨发生明显位移。

A.2.1.4.7 若车门打开或分离，约束系统和假人运动等级判定为较差。

表 A.1 约束系统和假人运动缺陷（驾驶员侧假人）

正面头部保护	
稳定的正面安全气囊作用	0 缺陷
局部的正面安全气囊作用	1 个缺陷
极小的正面安全气囊作用	2 个缺陷
头部发生气囊“触底”	1 个缺陷
方向盘横向移动过度 (>10cm)	1 个缺陷
头部发生两次或多次硬接触	1 个缺陷
正面安全气囊未展开或未及时展开	约束系统和假人运动等级判定为较差
侧面头部保护	

正面头部保护	
侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分	0 缺陷
侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围有限	1 个缺陷
侧面头部保护安全气囊未展开	2 个缺陷
头部侧向位移过度	1 个缺陷
正面胸部保护	
方向盘垂直移动过度 (>10cm)	1 个缺陷
方向盘横向移动过度 (>15cm)	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员前倾过度	1 个缺陷
乘员有烧伤风险	1 个缺陷
内饰板/车内硬质部件飞出	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动总体等级评定	
优秀	0~1 个缺陷
良好	2~3 个缺陷
一般	4~5 个缺陷
较差	6+个缺陷

A. 2. 2 后排乘员约束系统和假人运动等级评定

A. 2. 2. 1 头部保护

A. 2. 2. 1. 1 侧面头部保护充分（0 个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊对头部起到了有效保护作用。

A. 2. 2. 1. 2 侧面头部保护有限（1 个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊对头部未起到有效保护（后排假人头部在碰撞过程中卡在侧面头部保护气囊底部，假人头部部分超过门窗框高度）。

A. 2. 2. 1. 3 侧面头部保护安全气囊未展开（2 个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊未配备、未展开或展开后未能提供侧面头部保护（例如，后排假人头部在碰撞过程划出侧面头部保护安全气囊）。

A. 2. 2. 1. 4 头部硬接触（1 个缺陷），是指头部与车门内饰或 B 柱内饰等发生合成加速度超过 70g 的接触。

A. 2. 2. 1. 5 头部侧向位移过度（1 个缺陷），是指碰撞过程中头部超过二分之一的部分移动到了后排乘员侧窗未变形前的轮廓外侧。

A.2.2.2 乘员防护和其它

A.2.2.2.1 乘员前倾过度（1个缺陷），是指后排假人头部与前排座椅发生接触。

A.2.2.2.2 内饰板/车内硬质部件飞出（1个缺陷），是指碰撞过程中带有锐边、尖角内饰板（圆角小于2.5mm）或硬质部件从车体飞出，撞击假人面部，产生受伤风险。

A.2.2.2.3 安全带无法解锁或解锁力过大（1个缺陷），是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于60N。

A.2.2.2.4 假人下潜是指假人左右任何一个髌骨力在1ms内出现突降且高速摄像中可以确认。

A.2.2.2.5 座椅不稳定（1个缺陷），是指座椅调节和与乘员位置有关的部分因车辆底板或座椅升降结构变形而受到影响（如座椅任意两个固定点之间的相对垂直位移 $\geq 6\text{cm}$ ，或其它一些变形造成座垫总成向外和/或向前移动）。但是只有当座垫骨架向外和/或向前移动，对假人运动造成负面影响，直接导致假人向前或向外移动过度时，才可以判定该项缺陷。

A.2.2.2.6 座椅固定点失效（约束系统和假人运动等级判定为较差），是指座椅固定点断裂或滑轨发生明显位移。

A.2.2.2.7 若车门打开或分离，约束系统和假人运动等级判定为较差。

表A.2 约束系统和假人运动缺陷（后排乘员假人）

头部保护	
侧面头部保护充分	0 缺陷
侧面头部保护有限	1 个缺陷
侧面头部保护安全气囊未展开	2 个缺陷
头部硬接触	1 个缺陷
头部侧向位移过度	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员前倾过度	1 个缺陷
内饰板/车内硬质部件飞出	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
假人下潜	约束系统和假人运动降一级
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动总体等级评定	
优秀	0 个缺陷

良好	1 个缺陷
一般	2~3 个缺陷
较差	4+个缺陷

A.3 假人伤害等级评定

A.3.1 前排乘员伤害等级评定

用 Hybrid III 50th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表 A.3。

表 A.3 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_y	CFC 600
胸部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 600
大腿和髋部	大腿压缩力 (左/右) F_z	CFC 600
	膝关节滑动位移 (左/右) D	CFC 180
小腿	小腿上胫骨力及力矩 (左/右) F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
	小腿下胫骨力及力矩 (左/右) F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
脚部	加速度 (左/右) A_x 、 A_z	CFC 180

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部、大腿和髋部、小腿和脚部四个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/髋部、小腿/脚部是以左侧或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表 A.4 表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

A.3.1.1 头部和颈部

头部评价指标： HIC_{15} 、 HIC_{36} （该值为参考值，不做评价）、累积 3ms 合成加速度（该值为参考值，不做评价）以及头部最大合成加速度。

如出现一次头部合成加速度超过 70g 的硬接触，则头部和颈部伤害评定等级降低一级；多次碰撞的头部和颈部伤害详见图 A.9。

颈部评价指标： N_{ij} 、轴向拉伸力 F_z 、轴向压缩 F_z 、剪切力 F_x 、压缩弯矩 M_y （该值为参考值，不做评价）、伸张弯矩 M_y （该值为参考值，不做评价）。

如果颈部轴向拉伸力 F_z 、轴向压缩 F_z 和剪切力 F_x 的力-时间持续曲线超过了图 A.10、A.11 和 A.12 的优秀等级界限，则被评为优秀的头部和颈部等级降低为良好。

头部计算：

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

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

式中： A_x 、 A_y 、 A_z 为头部三个方向加速度值，单位为 g，

$t_2 - t_1 \leq 15\text{ms}$ （作为评价）， $t_2 - t_1 \leq 36\text{ms}$ （作为参考）。

颈部计算：

$$N_{ij} = (F_z/F_{zc}) + (M_{OCy}/M_{yc})$$

$$M_{OCy} = M_y - (D \cdot F_x)$$

式中： F_z 为颈部轴向力，单位为 N，

F_{zc} 为颈部轴向力临界值，单位 N，

F_x 为颈部轴向剪切力，单位为 N，

M_y 为颈部伸张/压缩弯矩，单位为 Nm，

M_{yc} 为颈部伸张/压缩弯矩临界值，单位为 Nm，

D 为颈部力传感器中心与头颈连接轴中心的距离，取值为 0.01778，单位为 m。

表 A.4 用于 N_{ij} 计算的临界值

假人类型	F_{zc} -轴向拉伸力	F_{zc} -轴向压缩力	M_{yc} -压缩弯矩	M_{yc} -伸张弯矩
Hybrid III 50th	6806N	-6160N	310Nm	-135Nm

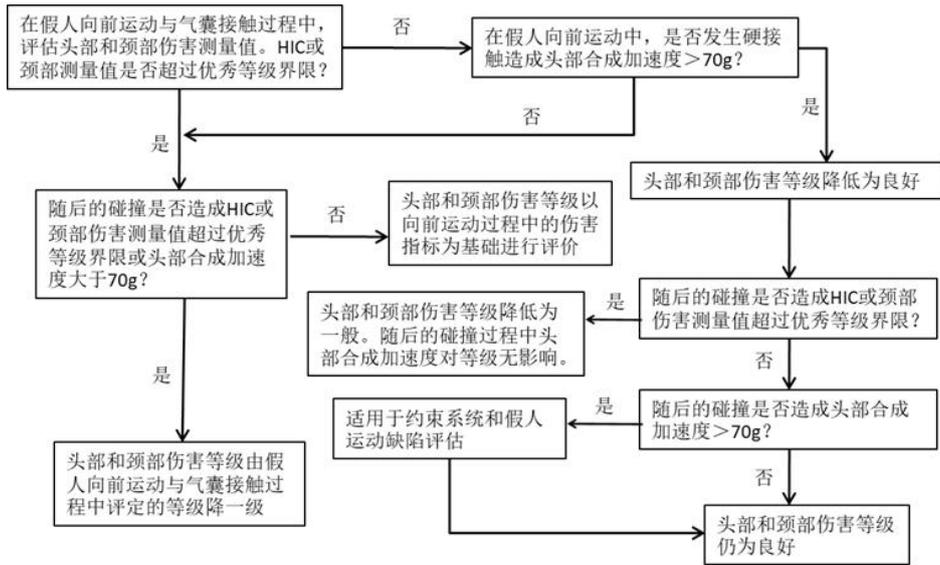


图 A.9 多次碰撞头部和颈部伤害评级流程图

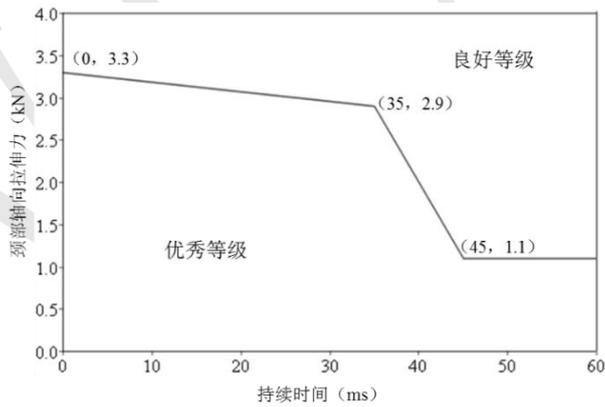


图 A.10 颈部拉伸力 Fz 时间持续曲线

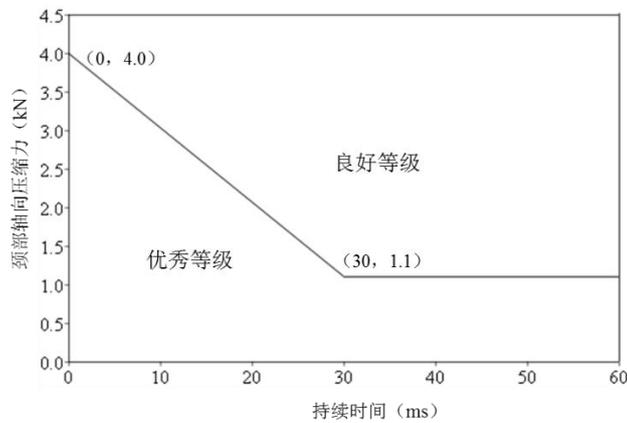


图 A.11 颈部压缩力 Fz 时间持续曲线

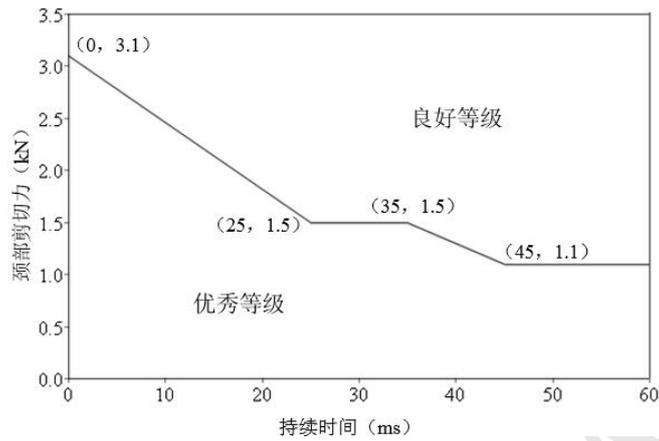


图 A.12 颈部剪切力 F_x 时间持续曲线

A.3.1.2 胸部

胸部评价指标：持续加速度 A_{3ms} 、压缩变形量 D 、压缩速率 V 、粘性指标 VC 。

VC 计算：

$$(VC)_t = 1.3V_t \times C_t$$

$$C_t = \frac{D_t}{0.229}$$

在 t 时刻的胸部压缩速率由滤波（滤波等级 CFC60）后的压缩变形量计算得出，

$$V_t = \frac{8[D_{(t+1)} - D_{(t-1)}] - [D_{(t+2)} - D_{(t-2)}]}{12\delta t}$$

式中： D_t 为 t 时刻的变形量，单位为 m ； δt 为压缩变形量测量的时间间隔，单位为 s 。

A.3.1.3 大腿和髌部

大腿和髌部评价指标：膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH ，大腿压缩力 F_z （该值为参考值，不做评价）。

膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH ，是通过结合每侧大腿压缩力和冲量值（冲量值是通过从大腿压缩开始到峰值力后的 4050N 时这一时段内的大腿力积分得到，见图 A.13），然后根据图 A.14 确定。

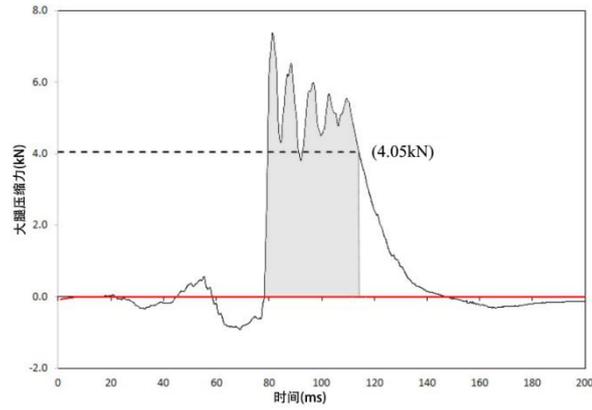


图 A.13 Hybrid III 50th 假人大腿冲量

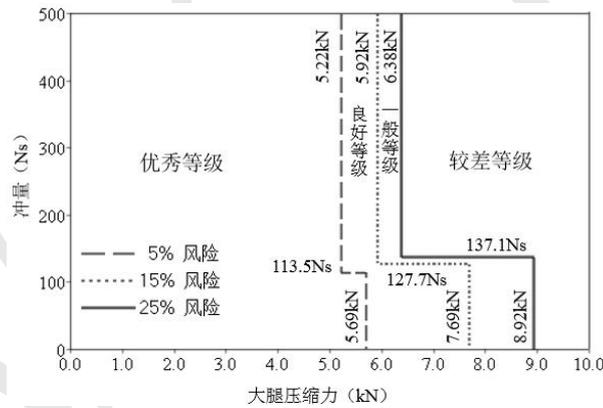


图 A.14 膝盖-大腿-髋部伤害风险 KTH

A.3.1.4 小腿和脚部

小腿评价指标：上胫骨和下胫骨轴向压缩力 F_z 、膝关节滑动位移 D 、胫骨指标 TI 。

胫骨指数 TI 是使用调整后的 M_y 弯矩来计算的。

$$M_{Y\text{上部调整}} = M_{Y\text{上部测量值}} - \left[(F_{Z\text{胫骨}}) (0.02832) \right]$$

$$M_{Y\text{下部调整}} = M_{Y\text{下部测量值}} + \left[(F_{Z\text{胫骨}}) (0.006398) \right]$$

注：弯矩单位为 Nm ，力单位为 N 。

TI 计算：

$$M_R = \sqrt{(M_X)^2 + (M_{Y\text{调整}})^2}$$

$$TI = |M_R / (M_C)_R| + |F_Z / (F_C)_Z|$$

式中： M_X 为绕 X 轴的弯矩、 $M_{Y\text{调整}}$ 为调整后的绕 Y 轴的弯矩、 $(M_C)_R$ 为临界弯矩、 F_Z 为 Z 向的轴向压缩力、 $(F_C)_Z$ 为 Z 向临界压缩力。

脚部评价指标：脚部最大合成加速度。

表 A.5 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	N _{ij}	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	拉伸力F _Z (kN)*	≤2.6	≤3.3	≤4.0	>4.0
	压缩力F _Z (kN)*	≤3.2	≤4.0	≤4.8	>4.8
胸部	加速度A _{3ms} (g)	≤60	≤75	≤90	>90
	压缩变形量 D(mm)	≤50	≤60	≤75	>75
	压缩速率 V(m/s)	≤6.6	≤8.2	≤9.8	>9.8
	粘性指标 VC(m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2
大腿和髌部	膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH	≤5%	≤15%	≤25%	>25%
小腿和脚部	膝关节滑动位移 D(mm)	≤12	≤15	≤18	>18
	胫骨指标（上部、下部）TI	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	胫骨轴向力F _Z (kN)	≤4.0	≤6.0	≤8.0	>8.0
	脚部最大合成加速度 A(g)	≤150	≤200	≤260	>260

*颈部轴向力的力-时间持续曲线见图 A.10 和图 A.11。

A.3.2 后排乘员伤害等级评定

用 Hybrid III 5th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表 A.6。

表 A.6 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A _x 、A _y 、A _z	CFC 1000
	角速度ω _x 、ω _y 、ω _z	CFC 60
颈部	力 F _x 、F _y 、F _z	CFC 1000
	力矩 M _y	CFC 600
胸部	加速度 A _x 、A _y 、A _z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 600
大腿和髌部	大腿压缩力（左/右）F _z	CFC 600
	膝关节滑动位移（左/右）D	CFC 180
	髌骨力（左/右）F _x	CFC 180
	腰椎力	CFC 600

测量部位	测量参数	滤波等级
	骨盆加速度 Ax、Az	CFC 1000

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部、大腿和髋部三个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/髋部是以左侧或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表 A.7 表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

A.3.2.1 头部和颈部

头部评价指标：HIC₁₅、累积 3ms 合成加速度。

头部 HIC 值计算同 Hybrid III 50th 假人。

颈部评价指标：剪切力 F_x、轴向拉伸力 F_z、伸张弯矩 M_y。

如果头部和车辆硬接触而造成头部合成加速度峰值超过 70g，则头部和颈部伤害评定等级降低一级。

A.3.2.2 胸部

胸部评价指标：压缩变形量 D、粘性指标 VC。

粘性指标 VC 计算同 Hybrid III 50th 假人，其中 C_t 计算公式如下：

$$C_t = \frac{D_t}{0.187}$$

A.3.2.3 大腿和髋部

大腿和髋部评价指标：左右大腿压缩力 F_z、左右髌骨力（参考值）、膝关节滑动位移 D（参考值）。

表 A.7 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	加速度 A _{3ms} (g)	≤72	≤76	≤80	>80
	剪切力 F _x (kN)	≤1.20	≤1.58	≤1.95	>1.95
	拉伸力 F _z (kN)	≤2.10	≤2.62	≤3.14	>3.14
	伸张弯矩 M _y (Nm)	≤36	≤43	≤49	>49
胸部	压缩变形量 D(mm)	≤41.0	≤49.2	≤61.5	>61.5
	粘性指标 VC(m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2
大腿和髋部	压缩力 F _z (kN)	≤5.0	≤6.2	≤7.4	>7.4

A. 4 车辆结构等级评定

A. 4.1 侵入量测量值评定

车辆结构等级用侵入量测量值进行评定（见图 A.15），并且根据乘员舱结构完整性的定性观察结果对等级进行修正（降级）。

所有测量点被划分为两个区域：乘员舱下部和乘员舱上部。乘员舱下部包括 A 柱下铰链、左侧搁脚板、左侧足板、制动踏板、驻车制动踏板和门槛；乘员舱上部包括转向管柱、A 柱上铰链、上仪表板和左下方仪表板。

将 A 柱下铰链、左侧搁脚板、左侧足板、制动踏板、驻车制动踏板、A 柱上铰链、上仪表板和左下方仪表板的 X-Y-Z 合成位移与等级评定参考值（见图 A.15）进行比较。对所有的测量点，若在 X 轴方向上向前移动（远离驾驶员座椅），那么仅使用 Y-Z 合成位移与等级评定参考值进行比较。对 A 柱上铰链、A 柱下铰链和驻车制动踏板位置，若在 Y 轴方向上向左移动（外侧），则仅使用 X-Z 合成位移与等级评定参考值进行比较。转向管柱仅使用向后的 X 向位移与等级评定参考值进行比较。A 柱上铰链、A 柱下铰链等级评定分别取其三个位置的最大合成位移。门槛仅使用向内的 Y 向位移与等级评定参考值进行比较，Y 向位移取门槛上三个位置的平均值。

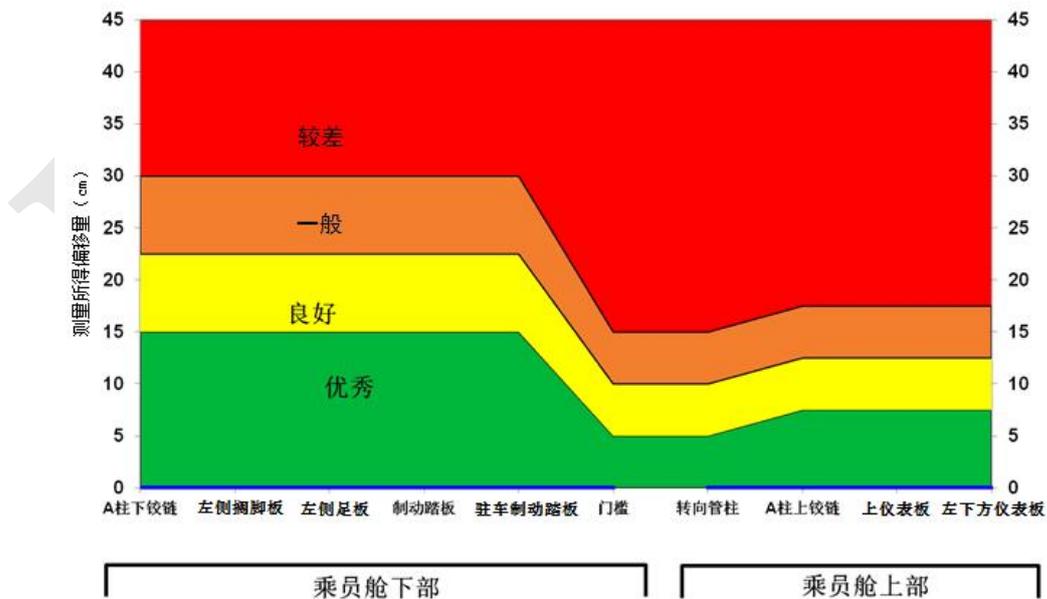


图 A.15 乘员舱侵入量等级评定

对乘员舱下部和乘员舱上部分别进行评级。若无定性的观察结果导致等级降低，则总体结构等级为乘员舱下部和上部分类等级中差的等级。

对于乘员舱下部或乘员舱上部区域：若侵入量测量值落入不同的评级范围内，则结构等级为测量值位于区域最多的一级，但结构等级不得比最差测量值所在等级高出超过一级；若测量结果一半在同一个等级区域，另一半在另一个等级区域，则结构等级为较低区域等级。侵入量位于两个不同评价等级边界上时视为较高的等级。

车辆乘员舱上部和下部的结构测量点，将根据评价指标阈值进行评级，具体评价要求详见表 A.8：

表 A.8 车辆结构评价

评价对象		评价指标	优秀	良好	一般	较差
乘员舱 下部	A 柱下铰链	合成位移 (cm)	≤15	≤22.5	≤30	>30
	左侧搁脚板					
	左侧足板					
	制动踏板					
	驻车制动踏板					
门槛	Y 向侵入 (cm)	≤5	≤10	≤15	>15	
乘员舱 上部	转向管柱	X 向侵入 (cm)	≤5	≤10	≤15	>15
	A 柱上铰链	合成位移 (cm)	≤7.5	≤12.5	≤17.5	>17.5
	上仪表板					
	左下方仪表板					

A.4.2 定性观察车辆结构等级

若出现假人脚部被卡且需使用工具才能将假人脚部取出、铰链柱完全撕裂以及前围等大面积撕裂（如撕裂长度大于 20cm，宽度大于 5cm）等情况时，车辆结构等级应在侵入量测量值评定等级上降一级。

A.4.3 燃料和高压系统完整性

若在试验过程中出现明显的燃料泄漏或高压系统（例如，电力传动系统）损坏，则车辆结构和总体等级降级到较差。

明显的燃料泄漏是指从碰撞到车辆静止，燃料的泄漏量超过 28g；在接下来的 5min 内，燃料的泄漏量超过 142g；再紧接着的 25min 内，每分钟的泄漏量超过 28g。

高压系统必须满足 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》中电解液泄漏、REESS（可充电储能系统）安全要求和防触电保护要求，从而避免降级。具体要求汇总如下：

- 电解液泄漏要求

碰撞结束 30min 内，不应有电解液从 REESS 中溢出到乘员舱，不应有超过 5.0L 的电解液从 REESS 中溢出。

- REESS 安全要求

- ① 位于乘员舱内的 REESS 应保持在安装位置，REESS 部件应保持在其外壳内，并且位于乘员舱外面的任何 REESS 部分不应进入乘员舱；
- ② 碰撞结束 30min 内，REESS 不应爆炸、起火。

- 防触电保护要求

防触电保护包括电压、电能、物理防护和绝缘电阻要求等四项评价指标。每一条高压母线至少应满足四项评价指标中的一个。如果碰撞试验在车辆的 REESS 与电力系统负载主动断开的情况下进行，则车辆的电力系统负载应满足物理防护或绝缘电阻要求；REESS 和充电用高压母线应满足四项评价指标中的一个。

- ① 电压要求

根据 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》规定的程序所测得的高压母线电压 V_b 、 V_1 和 V_2 应不大于 30V 交流或 60 V 直流。

- ② 电能要求

高压母线上的总电能 TE 和储存在 Y-电容器里的能量(TEy1, TEy2)均应小于 0.2J。

- ③ 物理防护

为防止直接接触高压带电部位，碰撞后车辆应有 IPXXB 级别的保护；为防止间接接触的触电伤害，用大于 0.2A 的电流进行测量，所有外露的可导电部件与电底盘之间的电阻应低于 0.1 Ω 。当电连接采用焊接方式时，视为符合此要求。

- ④ 绝缘电阻

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导绝缘的，直流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V ，交流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导连接的，高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。如果碰撞后，所有交流高压母线的保护级别达到 IPXXB，或交流电压等于或小于 30V，则高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V 。

A.5 总体评价

总体评价根据车辆结构、驾驶员头部和颈部、胸部、大腿和髋部、小腿和脚部伤害测量值、后排乘员头部和颈部、胸部、大腿和髋部伤害测量值以及前、后排假人约束系统和假人运动等按表 A.9 计算得到。

表 A.9 总体评价

评估项目	等级			
	优秀 (G)	良好 (A)	一般 (M)	较差 (P)
车辆结构	0	2	6	10
驾驶员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髋部	0	2	6	10
小腿和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
后排乘员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髋部	0	2	6	10
约束系统和假人运动	0	2	6	10
总体等级界限值	0-3	4-9	10-19	20+

注：若试验后，同一排的两个车门在不借助工具的条件下从车外均不能正常打开，则总体评价降一级。

附录 B 乘员侧正面 25%偏置碰撞评价方法

B.1 简介

乘员侧正面 25%偏置碰撞评价分为约束系统和假人运动、假人伤害、车辆结构三个方面。本规程对评价方法进行了详细描述。

B.2 约束系统和假人运动等级评定

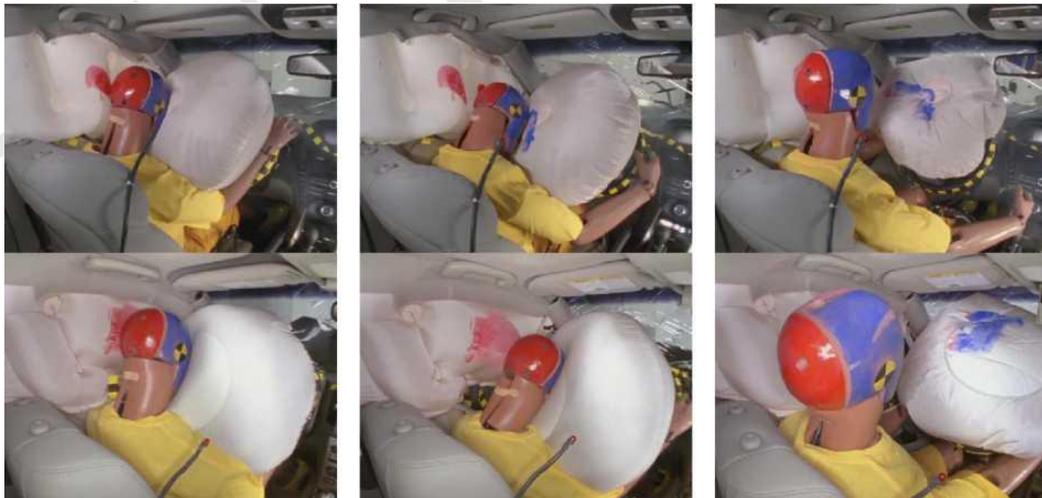
B.2.1 前排乘员约束系统和假人运动等级评定

B.2.1.1 正面头部保护

B.2.1.1.1 稳定的正面安全气囊作用（0 个缺陷，见图 B.1）是指假人向前移动并接触到完全展开的安全气囊后直接回弹返回座位。

假人向前移动过程中，位于正面安全气囊上的假人头部可以进行旋转或滑动，但头部需保持在安全气囊展开范围内。

若假人的头部离开安全气囊滑入安全气囊和车门之间的间隙，则认为是不稳定的接触，将会导致 1~2 个缺陷，除非有额外的保护措施防止头部碰到硬体结构，例如覆盖 A 柱的侧面安全气囊或 A 柱安全气囊。



注：假人向前移动并一直与完全展开的正面安全气囊接触直到开始回弹。

图 B.1 稳定的正面安全气囊作用示例

B.2.1.1.2 局部的正面安全气囊作用（1 个缺陷，见图 B.2、B.3、B.4 和 B.5）是指假人向前移动并接触到展开的安全气囊，但假人头部部分离开安全气囊滑入安全气囊和车门之间的

间隙。例如，假人头部旋转过度、沿正面安全气囊滑动过度或最初接触位置为安全气囊边缘，导致假人的头部滑入安全气囊和车门之间的间隙。

在假人前倾量达到最大时，若安全气囊提供的额外正面保护极小（例如，在假人和内部结构之间的安全气囊体积较小），则也认为是局部的正面安全气囊作用。



注：碰撞过程中，假人头部滑入正面安全气囊和侧面头部保护安全气囊之间的间隙之前短暂地受到了正面安全气囊的作用力（正面安全气囊较窄，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触）。

图 B. 2 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了安全气囊的作用力，但随后绕气囊旋转滑到了左侧，而且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 B. 3 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了正面安全气囊的作用力，随后直接滑到左侧，而且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 B. 4 局部正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部受到了正面安全气囊的作用力，但随后绕气囊局部滑动到了左侧，碰到 A 柱。

图 B.5 局部正面安全气囊作用示例

B.2.1.1.3 极小的正面安全气囊作用（2 个缺陷，见图 B.6 或 B.7）是指假人向前移动过程中，头部大部分移动到车门和正面安全气囊之间的间隙，且安全气囊的约束很小或没有，并且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。



注：碰撞过程中，假人头部在滑动到左侧之前几乎没有接触到正面安全气囊，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 B.6 极小的正面安全气囊作用示例



注：碰撞过程中，假人头部完全没有接触正面安全气囊，且没有其它措施防止头部与安全气囊前方的硬接触。

图 B.7 极小的正面安全气囊作用示例

B.2.1.1.4 头部发生气囊“触底”（1 个缺陷），是指在假人头部与气囊深度接触过程中，若头部加速度曲线存在一个或几个明显的上升沿，对引起明显局部峰值的起始点和终点进行线性平滑处理，如果局部峰值比平滑值高出 5 g 以上，且持续时间大于 3 ms，则认为头部与正面安全气囊发生“触底”。

B.2.1.1.5 方向盘横向移动过度（1 个缺陷）是指方向盘中心横向移动超过 10cm。

B.2.1.1.6 头部发生两次或多次硬接触（1个缺陷）是指出现两次及以上导致头部合成加速度超过 70g 的硬接触。

如出现一次头部合成加速度超过 70g 的硬接触，则头部和颈部伤害评定等级降低一级，但在约束系统和假人运动评价部分不计缺陷。忽略因拆掉座椅头枕导致假人头部回弹与 B 柱的接触。

B.2.1.1.7 若正面安全气囊未展开或未及时展开，则约束系统和假人运动等级判定为较差。

B.2.1.2 侧面头部保护

B.2.1.2.1 侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分（0 缺陷），是指侧面安全气囊（例如，安装在车顶上的气帘、安装在车门上的气帘或安装在座椅上的带有头部保护功能的侧面安全气囊）展开后气袋室向前至少延伸至方向盘中心在其最前（车辆行驶方向）可伸缩位置（若可调整）正交垂直面处。若侧面头部保护安全气囊在展开过程中被卡住，则不能被判定为侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分。

B.2.1.2.2 侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围有限（1 个缺陷），是指侧面安全气囊展开但是未延伸到方向盘中心在其最前可伸缩位置（若可调整）正交垂直面处。若侧面头部保护安全气囊满足“侧面头部保护安全气囊防抛性能试验规程”，则不计缺陷。

B.2.1.2.3 侧面头部保护安全气囊未展开（2 个缺陷），是指侧面安全气囊未配备、未展开或展开后未能提供有效的侧面头部保护，例如假人头部移动到侧气囊覆盖范围外。

B.2.1.2.4 头部侧向位移过度（1 个缺陷，见图 B.8），是指碰撞过程中头部超过二分之一的部分移动到乘员侧窗未变形前的轮廓外侧。



注：假人向外运动时，由于车辆内部结构以及缺乏侧面头部保护安全气囊等原因，假人头部移动到了驾驶员侧窗未变形前的轮廓外侧。

图 B.8 头部侧向位移过度示例

B.2.1.3 正面胸部保护

B.2.1.3.1 方向盘垂直移动过度（1 个缺陷），是指方向盘中心垂直移动（Z 向）超过 10cm。

B.2.1.3.2 方向盘横向移动过度（1 个缺陷），是指方向盘中心横向移动（Y 向）超过 15cm。

B. 2. 1. 4 乘员防护和其它

B. 2. 1. 4. 1 乘员有烧伤风险（1 个缺陷），是指安全气囊起爆产生的热气导致假人身体部件或衣物熔化或燃烧。

B. 2. 1. 4. 2 内饰板/车内硬质部件飞出（1 个缺陷），是指碰撞过程中带有锐边、尖角内饰板（圆角小于 2.5mm）或硬质部件从车体飞出，撞击假人面部，产生受伤风险。

B. 2. 1. 4. 3 安全带无法解锁或解锁力过大（1 个缺陷），是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于 60N。

B. 2. 1. 4. 4 座椅不稳定（1 个缺陷），是指座椅调节和与乘员位置有关的部分因车辆底板或座椅升降结构变形而受到影响（如座椅任意两个固定点之间的相对垂直位移 $\geq 6\text{cm}$ ，或其它一些变形造成座垫总成向外和/或向前移动）。但是只有当座垫骨架向外和/或向前移动，对假人运动造成负面影响，直接导致假人向前或向外移动过度时，才可以判定该项缺陷。

B. 2. 1. 4. 5 座椅固定失效（约束系统和假人运动等级判定为较差），是指座椅固定点断裂或滑轨发生明显位移。

B. 2. 1. 4. 6 若车门打开或分离，约束系统和假人运动等级判定为较差。

表B. 1 约束系统和假人运动缺陷（驾驶员侧假人）

正面头部保护	
稳定的正面安全气囊作用	0 缺陷
局部的正面安全气囊作用	1 个缺陷
极小的正面安全气囊作用	2 个缺陷
头部发生气囊“触底”	1 个缺陷
方向盘横向位移过度（>10cm）	1 个缺陷
头部发生两次或多次硬接触	1 个缺陷
正面安全气囊未展开或未及时展开	约束系统和假人运动等级判定为较差
正面胸部保护	
方向盘垂直移动过度（>10cm）	1 个缺陷
方向盘横向移动过度（>15cm）	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员有烧伤风险	1 个缺陷
内饰板/车内硬质部件飞出	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差

车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动等级评定	
优秀	0~1 个缺陷
良好	2~3 个缺陷
一般	4~5 个缺陷
较差	6+个缺陷

表B.2 约束系统和假人运动缺陷（前排乘员侧假人）

正面头部保护	
稳定的正面安全气囊作用	0 缺陷
局部的正面安全气囊作用	2 个缺陷
极小的正面安全气囊作用	4 个缺陷
头部发生气囊“触底”	1 个缺陷
头部发生两次或多次硬接触	1 个缺陷
正面安全气囊未展开或未及时展开	约束系统和假人运动等级判定为较差
侧面头部保护	
侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围充分	0 缺陷
侧面头部保护安全气囊展开后前方覆盖范围有限	1 个缺陷
侧面头部保护安全气囊未展开	2 个缺陷
头部侧向位移过度	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员有烧伤风险	1 个缺陷
内饰板/车内硬质部件飞出	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动等级评定	
优秀	0~1 个缺陷
良好	2~3 个缺陷
一般	4~5 个缺陷
较差	6+个缺陷

B.2.2 后排乘员约束系统和假人运动等级评定

B.2.2.1 头部保护

B.2.2.1.1 侧面头部保护充分（0 个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊对头部起到了有效保护作用。

B.2.2.1.2 侧面头部保护有限（1 个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊对头部未起到有效

保护（例如，后排假人头部在碰撞过程中卡在侧面头部保护气囊底部，假人头部部分超过门窗框高度）。

B.2.2.1.3 侧面头部保护安全气囊未展开（2个缺陷），是指侧面头部保护安全气囊未配备、未展开或展开后未能提供侧面头部保护（例如，后排假人头部在碰撞过程划出侧面头部保护安全气囊）。

B.2.2.1.4 头部硬接触（1个缺陷），是指头部与车门内饰或B柱内饰等发生合成加速度超过70g的接触。

B.2.2.1.5 头部侧向位移过度（1个缺陷），是指碰撞过程中头部超过二分之一的部分移动到了后排乘员侧窗未变形前的轮廓外侧。

B.2.2.2 乘员防护和其它

B.2.2.2.1 乘员前倾过度（1个缺陷），是指后排假人头部与前排座椅发生接触。

B.2.2.2.2 内饰板/车内硬质部件飞出（1个缺陷），是指碰撞过程中带有锐边、尖角内饰板（圆角小于2.5mm）或硬质部件从车体飞出，撞击假人面部，产生受伤风险。

B.2.2.2.3 安全带无法解锁或解锁力过大（1个缺陷），是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于60N。

B.2.2.2.4 假人下潜是指假人左右任何一个髌骨力在1ms内出现突降且高速摄像中可以确认。

B.2.2.2.5 座椅不稳定（1个缺陷），是指座椅调节和与乘员位置有关的部分因车辆底板或座椅升降结构变形而受到影响（如座椅任意两个固定点之间的相对垂直位移 $\geq 6\text{cm}$ ，或其它一些变形造成座垫总成向外和/或向前移动）。但是只有当座垫骨架向外和/或向前移动，对假人运动造成负面影响，直接导致假人向前或向外移动过度时，才可以判定该项缺陷。

B.2.2.2.6 座椅固定点失效（约束系统和假人运动等级判定为较差），是指座椅固定点断裂或滑轨发生明显位移。

B.2.2.2.7 若车门打开或分离，约束系统和假人运动等级判定为较差。

表B.3 约束系统和假人运动缺陷（后排乘员假人）

头部保护	
侧面头部保护充分	0 缺陷
侧面头部保护有限	1 个缺陷
侧面头部保护安全气囊未展开	2 个缺陷

头部保护	
头部硬接触	1 个缺陷
头部侧向位移过度	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员前倾过度	1 个缺陷
内饰板/车内硬质部件飞出	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
假人下潜	约束系统和假人运动降一级
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动总体等级评定	
优秀	0 个缺陷
良好	1 个缺陷
一般	2~3 个缺陷
较差	4+个缺陷

B.3 假人伤害等级评定

B.3.1 前排乘员伤害等级评定

用 Hybrid III 50th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表

B.4。

表 B.4 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_y	CFC 600
胸部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 600
大腿和髋部	大腿压缩力（左/右） F_z	CFC 600
	膝关节滑动位移（左/右）D	CFC 180
小腿	小腿上胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
	小腿下胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
脚部	加速度（左/右） A_x 、 A_z	CFC 180

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部、大腿和髋部、小腿和脚部四个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/髌部、小腿/脚部是以左侧或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表 B.6 表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

B.3.1.1 头部和颈部

头部评价指标：HIC₁₅、HIC₃₆（该值为参考值，不做评价）、累积 3ms 合成加速度（该值为参考值，不做评价）以及头部最大合成加速度。

如果头部和车辆硬体接触而造成头部合成加速度峰值超过 70g，则头部和颈部伤害评定等级降低一级；多次碰撞的头部和颈部伤害详见图 B.9。

颈部评价指标：N_{ij}、轴向拉伸力 F_z、轴向压缩力 F_z、剪切力 F_x、压缩弯矩 M_y（该值为参考值，不做评价）、伸张弯矩 M_y（该值为参考值，不做评价）。

如果颈部轴向拉伸力 F_z、轴向压缩力 F_z 和剪切力 F_x 的力-时间持续曲线超过了图 B.10、B.11 和 B.12 的优秀等级界限，则被评为优秀的头部和颈部等级降低为良好。

头部计算：

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

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

式中：A_x、A_y、A_z 为头部三个方向加速度值，单位为 g，

t₂-t₁ ≤ 15ms（作为评价），t₂-t₁ ≤ 36ms（作为参考）。

颈部计算：

$$N_{ij} = (F_z/F_{zc}) + (M_{OCy}/M_{yc})$$

$$M_{OCy} = M_y - (D \cdot F_x)$$

式中：F_z 为颈部轴向力，单位为 N，

F_{zc} 为颈部轴向力临界值，单位 N，

F_x 为颈部剪切力，单位为 N，

M_y 为颈部伸张/压缩弯矩，单位为 Nm，

M_{yc} 为颈部伸张/压缩弯矩临界值，单位为 Nm，

D 为颈部力传感器中心与头颈连接轴中心的距离，取值为 0.01778，单位为 m。

表 B.5 用于 N_{ij} 计算的临界值

假人类型	F_{zc} -轴向拉伸力	F_{zc} -轴向压缩力	M_{yc} -压缩弯矩	M_{yc} -伸张弯矩
Hybrid III 50th	6806N	-6160N	310Nm	-135Nm

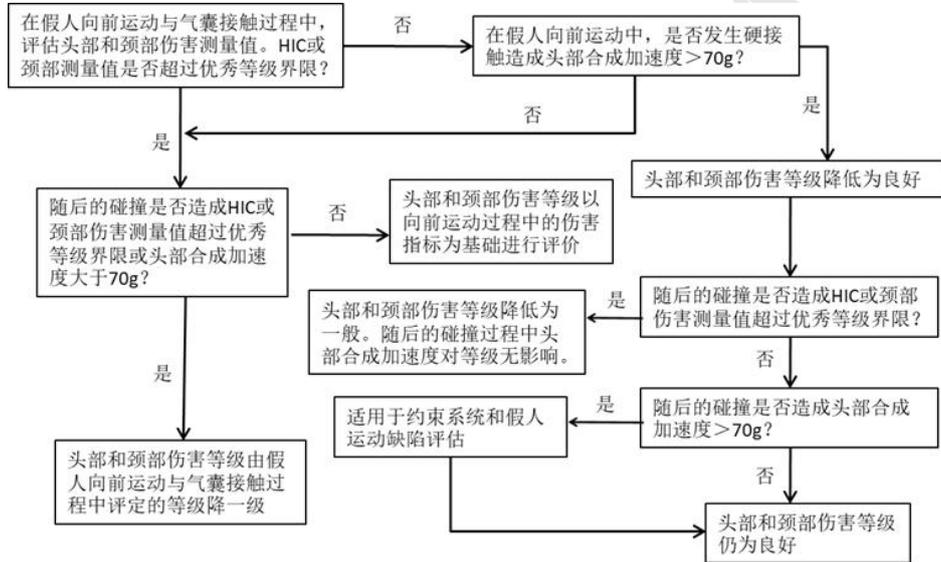


图 B.9 多次碰撞头部和颈部伤害评级流程图

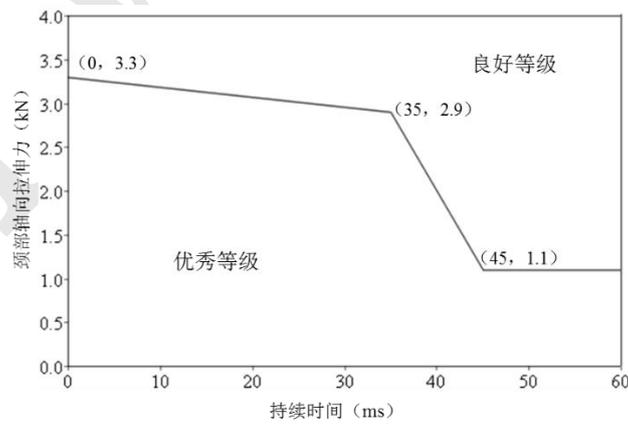


图 B.10 颈部拉伸力 F_z 时间持续曲线

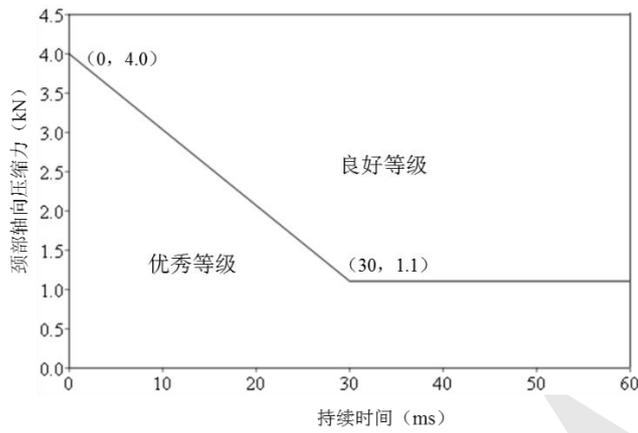


图 B.11 颈部压缩力 Fz 时间持续曲线

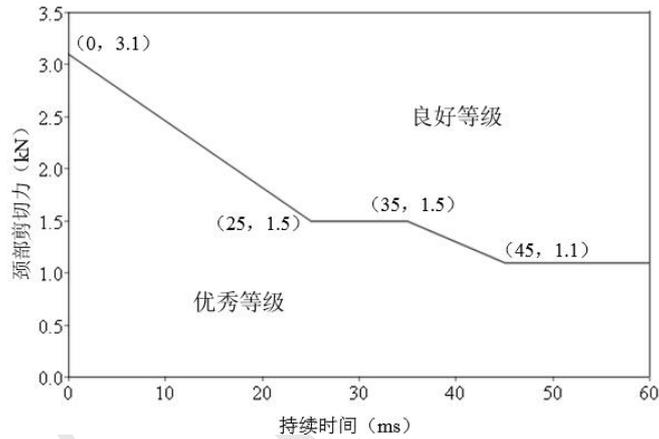


图 B.12 颈部剪切力 Fx 时间持续曲线

B.3.1.2 胸部

胸部评价指标：持续加速度 A_{3ms} 、压缩变形量 D 、压缩速率 V 、粘性指标 VC 。

VC 计算：

$$(VC)_t = 1.3V_t \times C_t$$

$$C_t = \frac{D_t}{0.229}$$

在 t 时刻的胸部压缩速率由滤波（滤波等级 CFC60）后的压缩变形量计算得出，

$$V_t = \frac{8[D_{(t+1)} - D_{(t-1)}] - [D_{(t+2)} - D_{(t-2)}]}{12\delta t}$$

式中： D_t 为 t 时刻的变形量，单位为 m ； δt 为压缩变形量测量的时间间隔，单位为 s 。

B.3.1.3 大腿和髌部

大腿和髌部评价指标：膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH，大腿压缩力 F_z （该值为参考值，

不做评价)。

膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH, 是通过结合每侧大腿压缩力和冲量值(冲量值是通过从大腿压缩开始到峰值力后的 4050N 时这一时段内的大腿力积分得到, 见图 B.13), 然后根据图 B.14 确定。

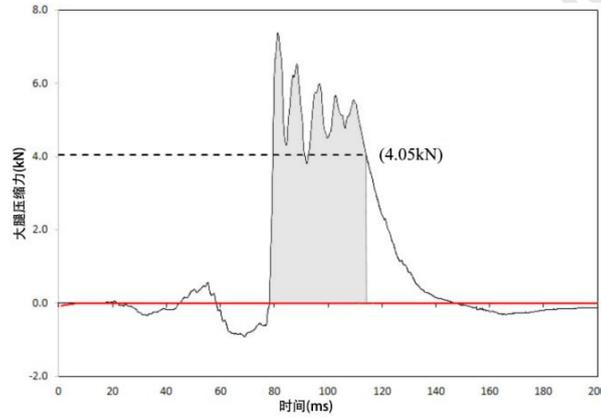


图 B.13 Hybrid III 50th 假人大腿冲量

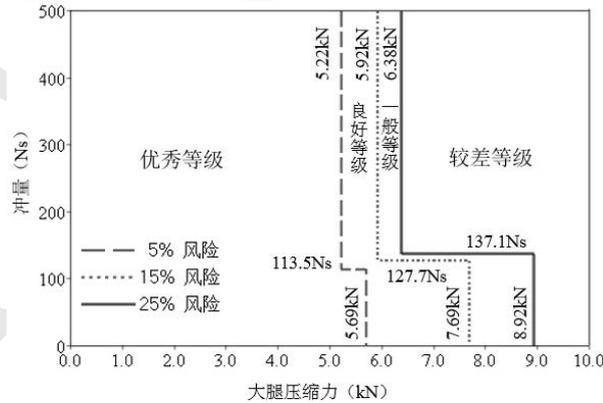


图 B.14 膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH

B. 3. 1. 4 小腿和脚部

小腿评价指标: 上胫骨和下胫骨轴向压缩力 F_z 、膝关节滑动位移 D 、胫骨指标 TI 。

胫骨指数 TI 是使用调整后的 M_y 弯矩来计算的。

$$M_{Y \text{ 上部调整}} = M_{Y \text{ 上部测量值}} - [(F_{Z \text{ 胫骨}})(0.02832)]$$

$$M_{Y \text{ 下部调整}} = M_{Y \text{ 下部测量值}} + [(F_{Z \text{ 胫骨}})(0.006398)]$$

注: 弯矩单位为 Nm , 力单位为 N 。

TI 计算:

$$M_R = \sqrt{(M_X)^2 + (M_{Y\text{调整}})^2}$$

$$TI = |M_R/(M_C)_R| + |F_Z/(F_C)_Z|$$

式中： M_X 为绕 X 轴的弯矩、 $M_{Y\text{调整}}$ 为调整后的绕 Y 轴的弯矩、 $(M_C)_R$ 为临界弯矩、 F_Z 为 Z 向的轴向压缩力， $(F_C)_Z$ 为 Z 向临界压缩力。

脚部评价指标：脚部最大合成加速度。

表 B. 6 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	N _{ij}	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	拉伸力F _Z (kN)*	≤2.6	≤3.3	≤4.0	>4.0
	压缩力F _Z (kN)*	≤3.2	≤4.0	≤4.8	>4.8
胸部	加速度A _{3ms} (g)	≤60	≤75	≤90	>90
	压缩变形量 D(mm)	≤50	≤60	≤75	>75
	压缩速率 V(m/s)	≤6.6	≤8.2	≤9.8	>9.8
	粘性指标 VC(m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2
大腿和髌部	膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH	≤5%	≤15%	≤25%	>25%
小腿和脚部	膝关节滑动位移 D(mm)	≤12	≤15	≤18	>18
	胫骨指标（上部、下部）TI	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	胫骨轴向力F _Z (kN)	≤4.0	≤6.0	≤8.0	>8.0
	脚部最大合成加速度 A(g)	≤150	≤200	≤260	>260

*颈部轴向力的力-时间持续曲线见图 B.10 和图 B.11。

B. 3. 2 后排乘员伤害等级评定

用 Hybrid III 5th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表 B.7。

表 B. 7 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_y	CFC 600
胸部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 600
大腿和髌部	大腿压缩力（左/右） F_z	CFC 600
	膝关节滑动位移（左/右） D	CFC 180
	髌骨力（左/右） F_x	CFC 180
大腿和髌部	腰椎力	CFC 600
	骨盆加速度 A_x 、 A_z	CFC 1000

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部、大腿和髌部三个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/髌部是以左侧或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表 B.8 表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

B. 3. 2. 1 头部和颈部

头部评价指标：HIC₁₅、累积 3ms 合成加速度。

头部 HIC 值计算同 Hybrid III 50th 假人。

颈部评价指标：剪切力 F_x 、轴向拉伸力 F_z 、伸张弯矩 M_y 。

如果头部和车辆硬接触而造成头部合成加速度峰值超过 70g，则头部和颈部伤害评定等级降低一级。

B. 3. 2. 2 胸部

胸部评价指标：压缩变形量 D 、粘性指标 VC 。

粘性指标 VC 计算同 Hybrid III 50th 假人，其中 C_t 计算公式如下：

$$C_t = \frac{D_t}{0.187}$$

B. 3. 2. 3 大腿和髌部

大腿和髌部评价指标：左右大腿压缩力 F_z 、左右髌骨力（参考值）、膝关节滑动位移 D （参考值）。

表 B. 8 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
------	----	----	----	----	----

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	加速度 A _{3ms} (g)	≤72	≤76	≤80	>80
	剪切力 F _x (kN)	≤1.20	≤1.58	≤1.95	>1.95
	拉伸力 F _z (kN)	≤2.10	≤2.62	≤3.14	>3.14
	伸张弯矩 M _y (Nm)	≤36	≤43	≤49	>49
胸部	压缩变形量 D(mm)	≤41.0	≤49.2	≤61.5	>61.5
	粘性指标 VC(m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2
大腿和臀部	压缩力 F _z (kN)	≤5.0	≤6.2	≤7.4	>7.4

B. 4 车辆结构等级评定

B. 4. 1 侵入量测量值评定

车辆结构等级用侵入量测量值进行评定（见图 B.15），并且根据乘员舱结构完整性的定性观察结果对等级进行修正（降级）。

所有测量点被划分为两个区域：乘员舱下部和乘员舱上部。乘员舱下部包括 A 柱下铰链、右侧搁脚板、右侧足板、中心足板和门槛；乘员舱上部包括中仪表板、A 柱上铰链、上仪表板和右下方仪表板。

将 A 柱下铰链、右侧搁脚板、右侧足板、中心足板、中仪表板、A 柱上铰链、上仪表板和右下方仪表板的 X-Y-Z 合成位移与等级评定参考值（见图 B.15）进行比较。对所有的测量点，若在 X 轴方向上向前移动（远离乘员座椅），那么仅使用 Y-Z 合成位移与等级评定参考值进行比较。对 A 柱上铰链、A 柱下铰链，若在 Y 轴方向上向右移动（外侧），则仅使用 X-Z 合成位移与等级评定参考值进行比较。A 柱上铰链、A 柱下铰链等级评定分别取其三个位置的最大合成位移。门槛仅使用向内的 Y 向位移与等级评定参考值进行比较，Y 向位移取门槛上三个位置的平均值。

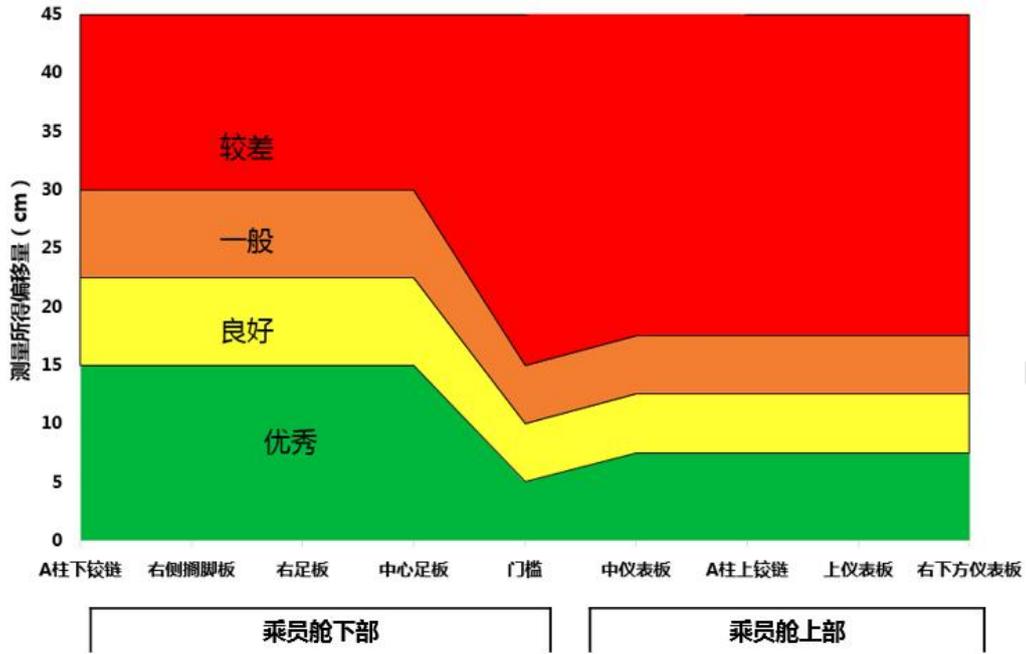


图 B.15 乘员舱侵入量等级评定

对乘员舱下部和乘员舱上部分别进行评级。若无定性的观察结果导致等级降低，则总体结构等级为乘员舱下部和上部分类等级中差的等级。

对于乘员舱下部或乘员舱上部区域：若侵入量测量值落入不同的评级范围内，则结构等级为测量值位于区域最多的一级，但结构等级不得比最差测量值所在等级高出超过一级；若测量结果一半在同一个等级区域，另一半在另一个等级区域，则结构等级为较低区域等级。侵入量位于两个不同评价等级边界上时视为较高的等级。

车辆乘员舱上部和下部的结构测量点，将根据评价指标阈值进行评级，具体评价要求详见表 B.9：

表 B.9 车辆结构评价

评价对象		评价指标	优秀	良好	一般	较差
乘员舱下部	A 柱下铰链	合成位移 (cm)	≤15	≤22.5	≤30	>30
	右侧搁脚板					
	右足板					
	中心足板					
	门槛	Y 向侵入 (cm)	≤5	≤10	≤15	>15
乘员舱上部	中仪表板	合成位移 (cm)	≤7.5	≤12.5	≤17.5	>17.5
	A 柱上铰链					

	上仪表板					
	右下仪表板					

B.4.2 定性观察车辆结构等级

若出现假人脚部被卡且需使用工具才能将假人脚部取出、铰链柱完全撕裂及前围等大面积撕裂（如撕裂长度大于 20cm，宽度大于 5cm）等情况时，车辆结构等级应在侵入量测量值评定等级上降一级。

B.4.3 燃料和高压系统完整性

若在试验过程中出现明显的燃料泄漏或高压系统（例如，电力传动系统）损坏，则车辆结构和总体等级降级到较差。

明显的燃料泄漏是指从碰撞到车辆静止，燃料的泄漏量超过 28g；在接下来的 5min 内，燃料的泄漏量超过 142g；再紧接着的 25min 内，每分钟的泄漏量超过 28g。

高压系统必须满足 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》中电解液泄漏、可充电储能系统（REESS）安全要求和防触电保护要求，从而避免降级。具体要求汇总如下：

- 电解液泄漏要求

碰撞结束 30min 内，不应有电解液从 REESS 中溢出到乘员舱，不应有超过 5.0L 的电解液从 REESS 中溢出。

- REESS 安全要求

- ① 位于乘员舱内的 REESS 应保持在安装位置，REESS 部件应保持在其外壳内，并且位于乘员舱外面的任何 REESS 部分不应进入乘员舱；
- ② 碰撞结束 30min 内，REESS 不应爆炸、起火。

- 防触电保护要求

防触电保护包括电压、电能、物理防护和绝缘电阻要求等四项评价指标。每一条高压母线至少应满足四项评价指标中的一个。如果碰撞试验在车辆的 REESS 与电力系统负载主动断开的情况下进行，则车辆的电力系统负载应满足物理防护或绝缘电阻要求；REESS 和充电用高压母线应满足四项评价指标中的一个。

- ① 电压要求

根据 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》规定的程序所测得的高压母线电压 V_b 、 V_1 和 V_2 应不大于 30V 交流或 60 V 直流。

② 电能要求

高压母线上的总电能 TE 和储存在 Y-电容器里的能量(TEy1, TEy2)均应小于 0.2J。

③ 物理防护

为防止直接接触高压带电部位，碰撞后车辆应有 IPXXB 级别的保护；为防止间接接触的触电伤害，用大于 0.2A 的电流进行测量，所有外露的可导电部件与电底盘之间的电阻应低于 0.1 Ω。当电连接采用焊接方式时，视为符合此要求。

④ 绝缘电阻

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导绝缘的，直流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V，交流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V。

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导连接的，高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V。如果碰撞后，所有交流高压母线的保护级别达到 IPXXB，或交流电压等于或小于 30V，则高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V。

B.5 总体评价

总体评价根据车辆结构、驾驶员和前排乘员头部和颈部、胸部、大腿和髋部、小腿和脚部伤害测量值，后排乘员头部和颈部、胸部、大腿和髋部伤害测量值以及前后排约束系统和假人运动等按表 B.10 计算得到。

表 B.10 总体评价

评估项目	等级			
	优秀 (G)	良好 (A)	一般 (M)	较差 (P)
车辆结构	0	2	6	10
驾驶员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髋部	0	2	6	10
小腿和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
前排乘员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20

大腿和髌部	0	2	6	10
小腿和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
后排乘员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髌部	0	2	6	10
约束系统和假人运动	0	2	6	10
总体等级限值	0-3	4-9	10-19	20+

注：若试验后，同一排的两个车门在不借助工具的条件下从车外均不能正常打开，则总体评价降一级。

附录 C 正面 50%偏置碰撞评价方法

C.1 简介

正面 50%偏置碰撞评价分为约束系统和假人运动、假人伤害、车辆结构及兼容性三个方面。本规程对评价方法进行了详细描述。

C.2 约束系统和假人运动等级评定

C.2.1 前排乘员约束系统和假人运动等级评定

C.2.1.1 头颈部保护

C.2.1.1.1 正面安全气囊不稳定接触（1 个缺陷，见图 C.1）是指假人向前移动并接触到展开的安全气囊，但假人头部重心处于气囊外侧边缘之外，以及其它可能影响气囊对头部保护性能的情况，例如方向盘脱离转向管柱、头部与正面安全气囊发生“触底”等。

在假人头部与气囊深度接触过程中，若头部加速度曲线存在一个或几个明显的上升沿，对引起明显局部峰值的起始点和终点进行线性平滑处理，如果局部峰值比平滑值高出 5 g 以上，且持续时间大于 3 ms，则认为头部与正面安全气囊发生“触底”。

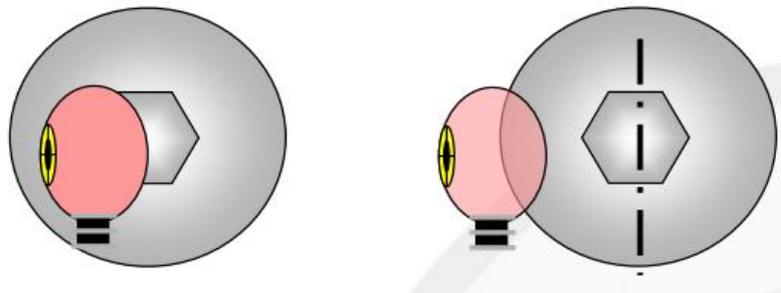


图 C.1 正面安全气囊不稳定接触（右图）示意

C.2.1.1.2 正面安全气囊危险展开（1 个缺陷，见图 C.2）是指气囊展开过程中，在头部评估区域，水平或垂直方向上扫过假人面部，对假人面部或眼睛产生潜在风险，或其展开速率大于 90 m/s。头部评估区域为试验状态下假人面部前方 150mm 处垂直于车辆纵向平面的后向区域。



图 C.2 正面安全气囊危险展开示例

C.2.1.1.3 方向盘移动过度（1个缺陷）是指方向盘中心横向、纵向或垂向移动超过 10cm。

C.2.1.1.4 头部发生两次或多次硬接触（1个缺陷）是指出现两次及以上导致头部合成加速度超过 70g 的硬接触。

如出现一次头部合成加速度超过 70g 的硬接触，则头部和颈部伤害评定等级降低一级，但在约束系统和假人运动评价部分不计缺陷。

C.2.1.1.5 若正面安全气囊未展开或未及时展开，则约束系统和假人运动等级判定为较差。

C.2.1.2 胸腹部保护

C.2.1.2.1 方向盘与胸部发生明显接触（1个缺陷），是指方向盘明显直接加载于假人胸部。

C.2.1.2.2 肩带负载力过大（2个缺陷），是指肩带力峰值（CFC60 滤波）超出 6kN。

C.2.1.3 膝部及骨盆保护

C.2.1.3.1 膝部评估区域内存在集中载荷风险（1个缺陷），是指在膝部评估区域内存在可能会引起大腿压缩力或膝部滑移量异常增大的部件，诸如点火开关、调节按钮、手套箱锁扣及结构安装支架等硬质部件。MPDB 碰撞试验中，若车辆出现以下情况之一，则此缺陷无法豁免：

- a) 驾驶员或前排乘员大腿力载荷 > 3.8kN；
- b) 正面气囊未展开或未及时展开；
- c) 脚踏位置撕裂；
- d) 乘员舱结构完整性受到破坏。

若在集中载荷风险位置通过 knee mapping 试验的相关验证，证明其风险较小，或存在厚度 10mm 以上连续的软质泡沫包裹，则此缺陷可以豁免。

膝部评估区域定义为：以试验后假人左、右膝碰撞痕迹的最上沿为基准，分别向上和向

下 50mm，向内 20mm 的下仪表覆盖范围区域。

C.2.1.3.2 假人发生下潜（2 个缺陷），是指假人在持续 1ms 时间范围内，若两个髌骨力中的任何一个减小速率发生突增，且通过高速摄影视频发现假人存在明显下潜现象进行确认。

C.2.1.4 腿部及脚部保护

C.2.1.4.1 脚踏位置撕裂（1 个缺陷），是指由于焊点失效，造成脚踏空间位置撕裂，导致歇脚区域脚部空间不稳定、防火墙受到严重破坏、脚部接触到产生锐边的钣金等。

C.2.1.4.2 踏板位移量过大（1 个缺陷），是指踏板向后位移量大于 15cm 或向上位移量大于 8cm。如果踏板有碰撞脱落设计，且在碰撞过程中完全从其固定点脱落，并未产生明显的移动阻力，则此缺陷不计。

C.2.1.5 乘员防护和其它

C.2.1.5.1 乘员有烧伤风险（1 个缺陷），是指安全气囊起爆产生的热气导致假人身体部件或衣物熔化或燃烧。

C.2.1.5.2 乘员舱结构完整性受到破坏（1 个缺陷），是指车辆结构在碰撞后表现出以下情况之一：

- 1) 门锁或铰链失效，除非车门被门框足够牢固的保持；
- 2) 车门发生弯曲或其它形式的失效，导致前后向抗压强度严重失效；
- 3) 仪表板骨架与 A 柱连接出现分离或接近分离；
- 4) 车门门框强度严重丧失。

C.2.1.5.3 安全带无法解锁或解锁力过大（1 个缺陷），是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于 60N。

C.2.1.5.4 座椅不稳定（1 个缺陷），是指座椅调节和与乘员位置有关的部分因车辆底板或座椅升降结构变形而受到影响（如座椅任意两个固定点之间的相对垂直位移 $\geq 6\text{cm}$ ，或其它一些变形造成座垫总成向外或向前移动）。但是只有当座垫骨架向外或向前移动，对假人运动造成负面影响，直接导致假人向前或向外移动过度时，才可以判定该项缺陷。

C.2.1.5.5 座椅固定失效（约束系统和假人运动等级判定为较差），是指座椅固定点断裂或滑轨发生明显位移。

C.2.1.5.6 若车门打开或分离，约束系统和假人运动等级判定为较差。

表C.1 约束系统和假人运动缺陷（驾驶员）

头颈部保护	
正面安全气囊不稳定接触	1 个缺陷
正面安全气囊危险展开	1 个缺陷
方向盘位移过度（横向、纵向或垂向>10cm）	1 个缺陷
头部发生两次或多次硬接触	1 个缺陷
正面安全气囊未展开或未及时展开	约束系统和假人运动等级判定为较差
胸腹部保护	
方向盘与胸部发生明显接触	1 个缺陷
肩带负载力过大	2 个缺陷
膝部及骨盆保护	
膝部评估区域内存在集中载荷风险	1 个缺陷
假人发生下潜	2 个缺陷
腿部及脚部保护	
脚踏位置撕裂	1 个缺陷
踏板位移量过大	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员有烧伤风险	1 个缺陷
乘员舱结构完整性受到破坏	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动等级评定	
优秀	0~1 个缺陷
良好	2~3 个缺陷
一般	4~5 个缺陷
较差	6+个缺陷

表C.2 约束系统和假人运动缺陷（前排乘员）

头颈部保护	
正面安全气囊不稳定接触	1 个缺陷
正面安全气囊危险展开	1 个缺陷
头部发生两次或多次硬接触	1 个缺陷
正面安全气囊未展开或未及时展开	约束系统和假人运动等级判定为较差
胸腹部保护	
肩带负载力过大	2 个缺陷
膝部及骨盆保护	

膝部评估区域内存在集中载荷风险	1 个缺陷
腿部及脚部保护	
脚踏位置撕裂	1 个缺陷
乘员防护和其它	
乘员有烧伤风险	1 个缺陷
乘员舱结构完整性受到破坏	1 个缺陷
安全带无法解锁或解锁力过大	1 个缺陷
座椅不稳定	1 个缺陷
座椅固定失效	约束系统和假人运动等级判定为较差
车门打开或分离	约束系统和假人运动等级判定为较差
约束系统和假人运动等级评定	
优秀	0~1 个缺陷
良好	2~3 个缺陷
一般	4~5 个缺陷
较差	6+个缺陷

C.3 假人伤害等级评定

C.3.1 前排驾驶员伤害等级评定

用 THOR 50th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表。

表 C.3 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_y	CFC 600
胸部	压缩变形量 R_{max}	CFC 180
腹部	压缩变形量 D_{max}	CFC 180
大腿和髋部	大腿压缩力（左/右） F_z	CFC 600
	骨盆合力（左/右） F_{AR}	CFC 600
小腿	膝关节滑动位移（左/右） D	CFC 180
	小腿上胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
	小腿下胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
脚部	加速度（左/右） A_x 、 A_z	CFC 180

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部和腹部、大腿和髋部、小腿和脚部四个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/骨盆、小腿/脚部是以左侧

或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

C.3.1.1 头部和颈部

头部评价指标：HIC₁₅、HIC₃₆（该值为参考值，不做评价）、累积3ms合成加速度（该值为参考值，不做评价）以及头部最大合成加速度。

如果头部和车辆硬接触而造成头部合成加速度峰值超过70g，则头颈部伤害评定等级降低一级（见图C.3）。

颈部评价指标：剪切力F_x、轴向拉伸力F_z、伸张弯矩M_{OCy}。

头部计算：

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

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

式中：A_x、A_y、A_z为头部三个方向加速度值，单位为g，

$$t_2 - t_1 \leq 15ms。$$

颈部计算：

$$M_{OCy} = M_y$$

式中：M_y为颈部伸张/压缩弯矩，单位为Nm。

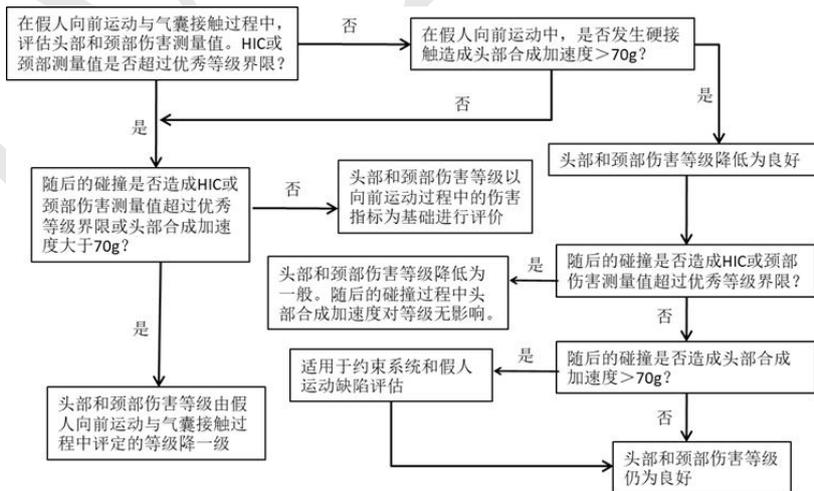


图 C.3 多次碰撞头部和颈部伤害评级流程图

C.3.1.2 胸部和腹部

胸部评价指标：合成变形量峰值R_{max}。

R_{max} 计算:

$$R_{max} = \max(UL_{max}, UR_{max}, LL_{max}, LR_{max})$$

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

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

$[L/R][X(t)/Y(t)/Z(t)]_{[U/L]s}$ 为左上胸、左下胸、右上胸、右下胸在各自局部坐标系下沿 X、Y、Z 三个轴向方向上变形量的时间历程曲线, 单位为 mm。

腹部评价指标: 腹部 X 向变形量峰值 D_{max} 。

C.3.1.3 大腿和骨盆

大腿和骨盆评价指标: 大腿压缩力 F_Z , 髌臼合成力 F_{AR} 。

对于大腿压缩力 F_Z , 是通过累积曲线来进行评价的。根据大腿压缩力时间-历程曲线, 可得到大腿压缩力累积曲线, 然后根据图 C.4 所示的累积曲线进行评价等级的确定。

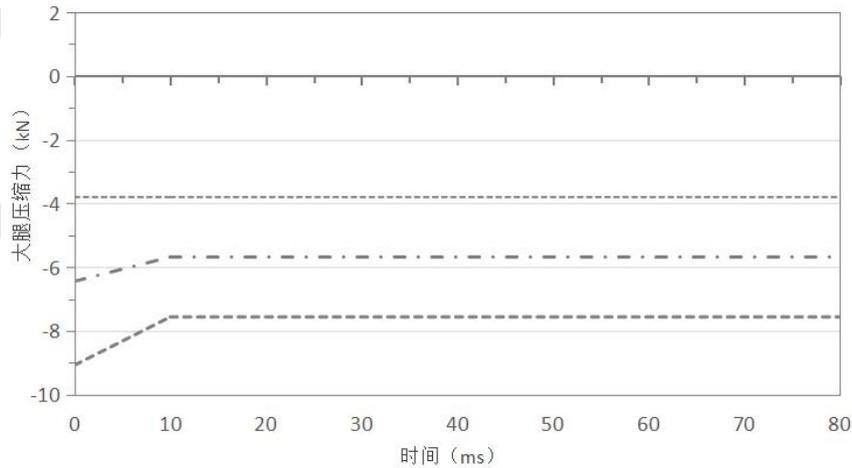


图 C.4 大腿压缩力累积曲线

髌臼合成力 F_{AR} 的计算:

$$[F(t)_{[L/R]AR}]_{max} = \max(\sqrt{F(t)^2_{[L/R]x} + F(t)^2_{[L/R]y} + F(t)^2_{[L/R]z}})$$

式中: $[F(t)_{[L/R]AR}]_{max}$ 为压缩状态下 (左侧 $F_x > 0$ 、右侧 $F_x < 0$), 左、右侧髌臼合成力的峰值, 单位为 kN;

$F(t)_{[L/R]x}$ 、 $F(t)_{[L/R]y}$ 、 $F(t)_{[L/R]z}$ 为左、右侧髌臼力传感器在 X、Y、Z 三个方向上的时

间历程曲线，单位为 kN。

C.3.1.4 小腿和脚部

小腿评价指标：上胫骨和下胫骨轴向压缩力 F_z 、膝关节滑动位移 D 、胫骨指标 TI 。

胫骨指数 TI 是使用调整后的 M_y 弯矩来计算的。

$$M_{Y\text{ 上部调整}} = M_{Y\text{ 上部测量值}} - \left[(F_{Z\text{ 胫骨}}) (0.02832) \right]$$

$$M_{Y\text{ 下部调整}} = M_{Y\text{ 下部测量值}} + \left[(F_{Z\text{ 胫骨}}) (0.006398) \right]$$

注：弯矩单位为 Nm，力单位为 N。

TI 计算：

$$M_R = \sqrt{(M_X)^2 + (M_{Y\text{调整}})^2}$$

$$TI = |M_R / (M_C)_R| + |F_Z / (F_C)_Z|$$

式中： M_X 为绕 X 轴的弯矩、 $M_{Y\text{调整}}$ 为调整后的绕 Y 轴的弯矩、 $(M_C)_R$ 为临界弯矩、 F_Z 为 Z 向的轴向压缩力， $(F_C)_Z$ 为 Z 向临界压缩力。

脚部评价指标：脚部最大合成加速度。

表 C.4 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	剪切力 F_X (kN)	≤1.9	≤2.5	≤3.1	>3.1
	拉伸力 F_Z (kN)	≤2.7	≤3.0	≤3.3	>3.3
	伸张弯矩 M_{ocY} (Nm)	≤42.0	≤49.5	≤57.0	>57.0
胸部和腹部	胸部压缩变形量 R_{max} (mm)	≤42	≤50	≤62	>62
	腹部压缩变形量 D_{max} (mm)	≤88			>88
大腿和骨盆	大腿压缩力 F_Z (kN)	≤3.8@0ms ≤3.8@10ms	≤6.44@0ms ≤5.68@10ms	≤9.07@0ms ≤7.56@10ms	>9.07@0ms >7.56@10ms
	髌臼压缩力 F_{AR} (kN)	≤3.28	≤3.69	≤4.10	>4.10
小腿和脚部	膝关节滑动位移 D (mm)	≤12	≤15	≤18	>18
	胫骨指标（上部、下部） TI	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	胫骨轴向力 F_Z (kN)	≤4.0	≤6.0	≤8.0	>8.0
	脚部最大合成加速度 A (g)	≤150	≤200	≤260	>260

C.3.2 前排乘员伤害等级评定

用 Hybrid III 50th 假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级见表 C.5。

表 C.5 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_y	CFC 600
胸部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 600
大腿和髋部	大腿压缩力（左/右） F_z	CFC 600
	膝关节滑动位移（左/右）D	CFC 180
小腿	小腿上胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
	小腿下胫骨力及力矩（左/右） F_z 、 M_x 、 M_y	CFC 600
脚部	加速度（左/右） A_x 、 A_z	CFC 180

假人伤害等级包含头部和颈部、胸部、大腿和髋部、小腿和脚部四个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。大腿/髋部、小腿/脚部是以左侧或右侧判定的最低评价等级进行等级评定。表明了优秀、良好、一般和较差四个等级的评价指标限值范围。

C.3.2.1 头部和颈部

头部评价指标： HIC_{15} 、 HIC_{36} （该值为参考值，不做评价）、累积 3ms 合成加速度（该值为参考值，不做评价）以及头部最大合成加速度。

如果头部和车辆硬接触而造成头部合成加速度峰值超过70g，则头部伤害评定等级降低一级（见图C.3）。

颈部评价指标： N_{ij} 、轴向拉伸力 F_z 、轴向压缩 F_z 、剪切力 F_x 。

如果颈部轴向拉伸力 F_z 、轴向压缩 F_z 和剪切力 F_x 的力-时间持续曲线超过了图C.5~图C.7所示的优秀等级界限，则被评为优秀的头/颈部等级降低为良好。

头部计算：

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

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

式中： A_x 、 A_y 、 A_z 为头部三个方向加速度值，单位为 g，

$t_2 - t_1 \leq 15\text{ms}$ （作为评价）， $t_2 - t_1 \leq 36\text{ms}$ （作为参考）。

颈部计算：

$$N_{ij} = (F_z/F_{zc}) + (M_{OCy}/M_{yc})$$

$$M_{OCy} = M_y - (D \cdot F_x)$$

式中： F_z 为颈部轴向力，单位为 N，

F_{zc} 为颈部轴向力临界值，单位 N，

F_x 为颈部剪切力，单位为 N，

M_y 为颈部伸张/压缩弯矩，单位为 Nm，

M_{yc} 为颈部伸张/压缩弯矩临界值，单位为 Nm，

D 为颈部力传感器中心与头颈连接轴中心的距离，取值为0.01778，单位为 m。

表 C.6 用于 N_{ij} 计算的临界值

假人类型	F_{zc} -轴向拉伸力	F_{zc} -轴向压缩力	M_{yc} -压缩弯矩	M_{yc} -伸张弯矩
Hybrid III 50th	6806N	-6160N	310Nm	-135Nm

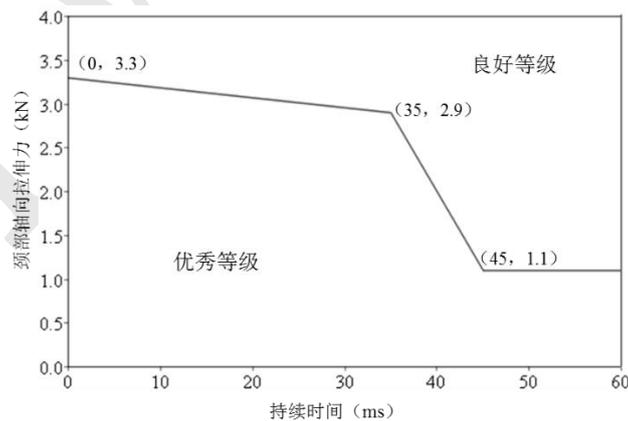


图 C.5 颈部拉伸力 F_z 时间持续曲线

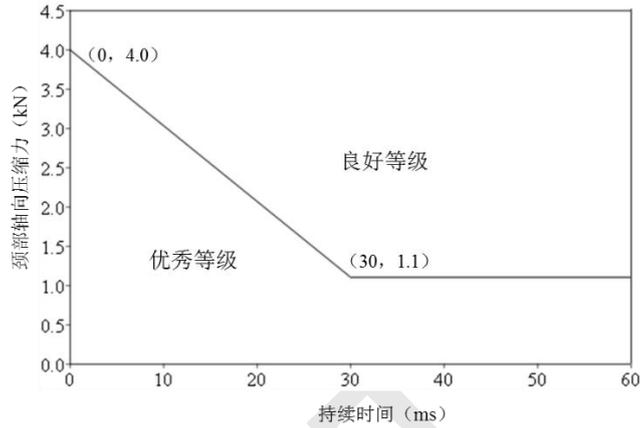


图 C.6 颈部压缩力 Fz 时间持续曲线

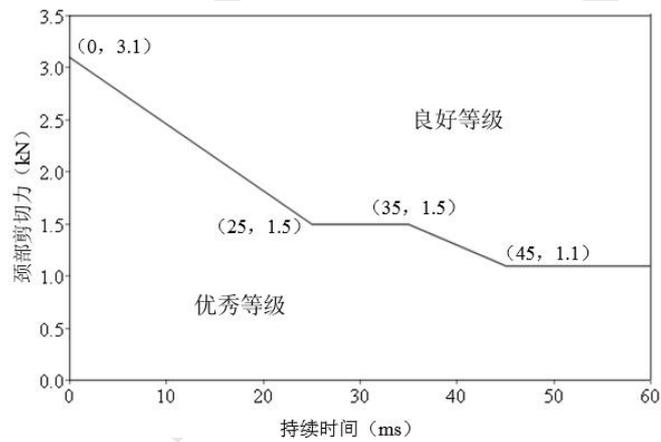


图 C.7 颈部剪切力 Fx 时间持续曲线

C.3.2.2 胸部

胸部评价指标：持续加速度 A_{3ms} 、压缩变形量 D 、压缩速率 V 、粘性指标 VC 。

VC 计算：

$$(VC)_t = 1.3V_t \times C_t$$

$$C_t = \frac{D_t}{0.229}$$

在 t 时刻的胸部压缩速率由滤波（滤波等级CFC60）后的压缩变形量计算得出，

$$V_t = \frac{8[D_{(t+1)} - D_{(t-1)}] - [D_{(t+2)} - D_{(t-2)}]}{12\delta t}$$

式中： D_t 为 t 时刻的变形量，单位为 m ； δt 为压缩变形量测量的时间间隔，单位为 s 。

C.3.2.3 大腿和髌部

大腿和髌部评价指标：膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH ，大腿压缩力 Fz （该值为参考值，不做评价）。

膝盖-大腿-髌部伤害风险KTH，是通过结合每侧大腿压缩力和冲量值（冲量值是通过从大腿压缩开始到峰值力后的4050N时这一时段内的大腿力积分得到，如图C.8所示），然后根据图C.9确定。

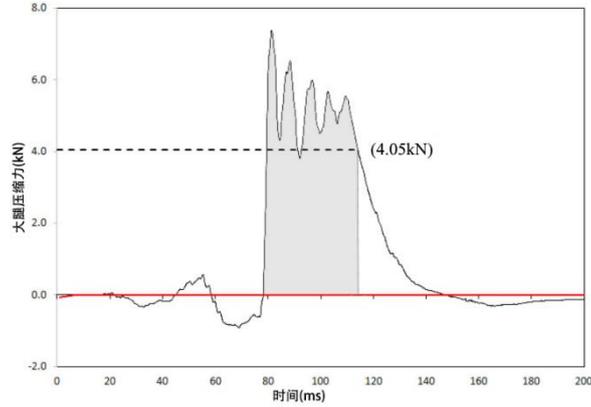


图 C.8 Hybrid III 50th 假人大腿冲量

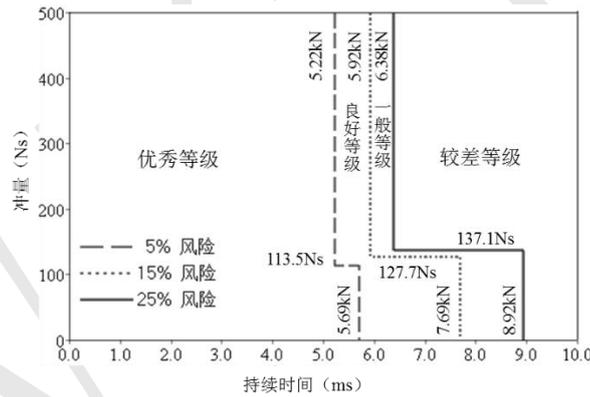


图 C.9 膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH

C.3.2.4 小腿和脚部

小腿评价指标：上胫骨和下胫骨轴向压缩力 F_z 、膝关节滑动位移 D 、胫骨指标 TI 。

胫骨指数 TI 是使用调整后的 M_y 弯矩来计算的。

$$M_{Y \text{ 上部调整}} = M_{Y \text{ 上部测量值}} - \left[(F_{Z \text{ 胫骨}}) (0.02832) \right]$$

$$M_{Y \text{ 下部调整}} = M_{Y \text{ 下部测量值}} + \left[(F_{Z \text{ 胫骨}}) (0.006398) \right]$$

注：弯矩单位为 Nm，力单位为 N。

TI 计算：

$$M_R = \sqrt{(M_X)^2 + (M_{Y\text{调整}})^2}$$

$$TI = |M_R/(M_C)_R| + |F_Z/(F_C)_Z|$$

式中： M_X 为绕X轴的弯矩、 $M_{Y\text{调整}}$ 为调整后的绕Y轴的弯矩、 $(M_C)_R$ 为临界弯矩、 F_Z 为Z向的轴向压缩力， $(F_C)_Z$ 为Z向临界压缩力。

脚部评价指标：脚部最大合成加速度。

表 C.7 假人伤害评级

身体部位	参数	优秀	良好	一般	较差
头部和颈部	HIC ₁₅	≤560	≤700	≤840	>840
	N _{ij}	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	拉伸力F _Z (kN)*	≤2.6	≤3.3	≤4.0	>4.0
	压缩力F _Z (kN)*	≤3.2	≤4.0	≤4.8	>4.8
胸部	加速度A _{3ms} (g)	≤60	≤75	≤90	>90
	压缩变形量 D(mm)	≤50	≤60	≤75	>75
	压缩速率 V(m/s)	≤6.6	≤8.2	≤9.8	>9.8
	粘性指标 VC(m/s)	≤0.8	≤1.0	≤1.2	>1.2
大腿和髌部	膝盖-大腿-髌部伤害风险 KTH	≤5%	≤15%	≤25%	>25%
小腿和脚部	膝关节滑动位移 D(mm)	≤12	≤15	≤18	>18
	胫骨指标（上部、下部）TI	≤0.80	≤1.00	≤1.20	>1.20
	胫骨轴向力F _Z (kN)	≤4.0	≤6.0	≤8.0	>8.0
	脚部最大合成加速度 A(g)	≤150	≤200	≤260	>260

*颈部轴向力的力-时间持续曲线见图 C.5、图 C.6 所示。

C.3.3 后排乘员伤害等级评定（监测）

用 Q6 和 Q10 儿童假人测得的伤害值评定假人伤害等级。假人测量参数和滤波等级如表 C.8 所示。

表 C.8 Q6/Q10 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量参数	滤波等级
头部	加速度 A _x 、A _y 、A _z	CFC 1000
	角速度 ω _x 、ω _y 、ω _z	CFC 60
上颈部	力 F _x 、F _y 、F _z	CFC 1000
	力矩 M _y	CFC 600

测量部位	测量参数	滤波等级
胸部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
	压缩变形量 D	CFC 180

假人伤害等级包含头部、上颈部和胸部三个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。

身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。

C.3.3.1 头部

头部评价指标： HIC_{15} 、累积3ms合成加速度。

头部HIC值计算同Hybrid III 50th假人。

C.3.3.2 上颈部

上颈部评价指标：轴向拉伸力 F_z 、伸张弯矩 M_y 。

C.3.3.3 胸部

胸部评价指标：压缩变形量 D 、累积3ms合成加速度。

C.4 车辆结构及兼容性等级评定

C.4.1 车辆结构等级评定

C.4.1.1 侵入量测量值评定

车辆结构等级用侵入量测量值进行评定（见图C.10），并且根据乘员舱结构完整性的定性观察结果对等级进行修正（降级）。

用于车辆结构评级的测量点均在驾驶员侧，主要包含：左侧搁脚板、左侧足板、中间足板、右侧足板、制动踏板、左下仪表板、右下仪表板及A-B柱间的侵入量。

将左侧搁脚板、左侧足板、中间足板、右侧足板、制动踏板、左下仪表板、右下仪表板、A-B柱间的侵入量的X-Y-Z合成位移与等级评定参考值（见图C.10）进行比较。对所有的测量点，若在X轴方向上向前移动（远离乘员座椅），那么仅使用Y-Z合成位移与等级评定参考值进行比较。A-B柱间的侵入量、左下仪表板、右下仪表板仅用X向的位移进行评价。

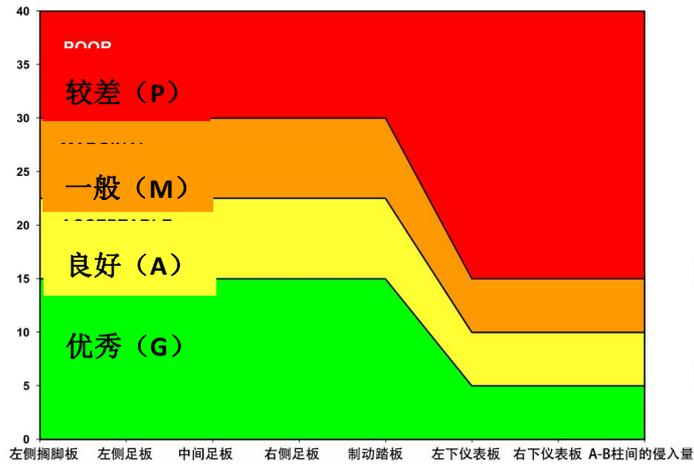


图 C.10 乘员舱侵入量等级评定

若侵入量测量值落入不同的评级范围内，则结构等级为测量值位于区域最多的一级，但结构等级不得比最差测量值所在等级高出超过一级；若测量结果一半在同一个等级区域，另一半在另一个等级区域，则结构等级为较低区域等级。侵入量位于两个不同评价等级边界上时视为较高的等级。

车辆乘员舱的结构测量点，将根据评价指标阈值进行评级，具体评价要求详见表 C.9：

表 C.9 车辆结构评价

评价对象	评价指标	优秀	良好	一般	较差
左侧搁脚板	合成位移 (cm)	≤15	≤22.5	≤30	>30
左侧足板					
中间足板					
右侧足板					
制动踏板					
左下仪表板	后向侵入 (cm)	≤5	≤10	≤15	>15
右下仪表板					
A-B 柱间的侵入					
车辆结构等级对应的缺陷数		0	1	2	4

C.4.1.2 定性观察车辆结构等级

若出现假人脚部被卡且需使用工具才能将假人脚部取出、铰链柱完全撕裂以及前围等大面积撕裂（如撕裂长度大于 20cm，宽度大于 5cm）等情况时，车辆结构等级应在侵入量测量值评定等级上降一级。

C.4.2 车辆兼容性评定

根据 MPDB 台车前端壁障蜂窝铝变形量标准偏差 (SD)、台车乘员载荷准则 (OLC) 和壁障侵入深度 (是否“击穿”) 三个指标来评价被测车辆的兼容性, 各评价指标等级对应的限值如表C.10所示。

表 C.10 车辆兼容性评价

评价对象	评价指标	优秀	良好	一般	较差
壁障蜂窝铝	变形量标准偏差 SD (mm)	≤80	≤115	≤150	>150
	侵入深度大于 630mm 的连续单元数 (每一单元大小为 20mm x 20mm)	≤4			>4
壁障台车	台车 OLC(g)	≤34	≤38	≤42	>42

C.4.2.1 壁障蜂窝铝变形量标准差 (SD)

C.4.2.1.1 壁障评估区域

壁障蜂窝铝变形的评估区域为矩形 (如图C.11所示), 其上边界位于地面以上650mm位置处, 下边界位于地面以上250mm处 (距离壁障下边缘100mm); 左边界与试验车辆宽度相关, 距离MPDB表面右边缘的距离为车宽的45%, 右边界距离MPDB表面右侧边缘200mm。

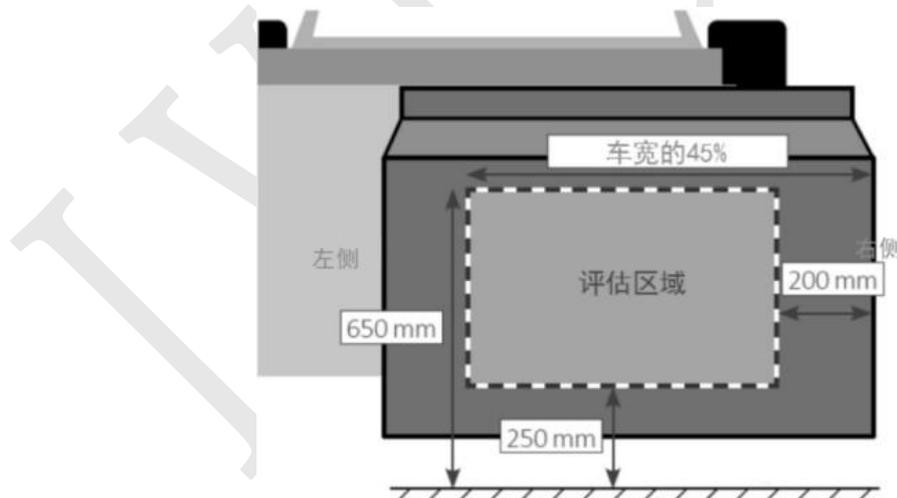


图 C.11 壁障蜂窝铝变形评估区域示意

C.4.2.1.2 壁障扫描数据

通过三坐标测量仪扫描碰撞后的变形壁障蜂窝铝, 生成最大单元尺寸不大于10mm的网格。以试验前在壁障表面上创建的20mm为边长的等距网格点 (共1400点), 沿着碰撞方向将这些网格点投影到变形壁障表面, 计算评估区域内每个网格点的侵入量。

C. 4. 2. 1. 3 变形量标准差计算

壁障蜂窝铝变形量标准差（SD）用来评价评估区域内，样本单元偏离平均值的大小，即蜂窝铝变形的均匀程度。MPDB壁障蜂窝铝变形量标准差按照下式进行计算：

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_n - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

式中：SD为壁障蜂窝铝变形量标准偏差，单位为 mm； X_n 为样本点侵入量，单位为 mm； \bar{x} 为平均侵入深度，单位为 mm。

C. 4. 2. 2 台车乘员载荷准则（OLC）

C. 4. 2. 2. 1 OLC 的定义

假设移动的MPDB台车上有一佩戴约束系统的虚拟假人，碰撞开始时，MPDB台车上虚拟假人先自由向前移动65mm时对应时刻为 t_1 ； t_1 时刻后虚拟假人开始在约束系统作用下继续向前移动235 mm，此时对应时刻为 t_2 。假设 t_1 至 t_2 时间内，虚拟假人所受约束系统作用而向前运动的减速度是恒定的，则该恒定减速度值定义为OLC（转换为单位g），即：

$$\int_{t=0}^{t=t_1} V_0 dt - \int_{t=0}^{t=t_1} V(t) dt = 0.065$$

$$\int_{t=t_1}^{t=t_2} (V_0 - OLC_{SI} * (t - t_1)) dt - \int_{t=t_1}^{t=t_2} V(t) dt = 0.235$$

式中： V_0 为台车初始速度，单位为 m/s； $V(t)$ 为台车t时刻的速度，单位为 m/s； OLC_{SI} 为碰撞过程中虚拟假人 t_1 至 t_2 时刻速度曲线斜率，单位为 m/s^2 。

C. 4. 2. 2. 2 OLC 的计算

通过MPDB壁障质心处X向的加速度曲线 A_x ，积分获得MPDB壁障的速度曲线 V_t （CFC180滤波），即：

$$V(t) = \int A_x(t) dt + V_0$$

再根据以下公式，进行OLC的计算。

$$V(t) = V_0 - OLC_{SI} * (t - t_1)$$

$$V(t_2) = V_0 - OLC_{SI} * (t_2 - t_1)$$

$$OLC = OLC_{SI} / 9.81$$

式中： V_0 为台车初始速度，单位为 m/s； $V(t)$ 为台车t时刻的速度，单位为 m/s；

t_1 为碰撞过程中虚拟假人相对台车运动65mm的时刻，单位为 s；

t_2 为碰撞过程中虚拟假人相对台车再运动235mm的时刻，单位为 s；

OLC_{SI} 为碰撞过程中虚拟假人 t_1 至 t_2 时刻速度曲线斜率，单位为 m/s^2 ；

OLC 为台车乘员载荷准则指标，单位为 g。

C. 4. 2. 3 壁障侵入深度

在如图C.11所示的壁障蜂窝铝变形评估区域内，若壁障蜂窝铝穿透深度达到630 mm的面积大于 $40mm \times 40mm$ ，即连续单元数大于4个，则定义为“击穿”。当出现“击穿”现象，则此指标评价为较差，计2个缺陷。

C. 4. 3 车辆结构及兼容性等级评定

车辆结构及兼容性等级评定按表C.11所规定的缺陷数进行评定。

表 C. 11 车辆结构及兼容性评级

评价对象	评价指标	优秀	良好	一般	较差
车辆结构	测量点侵入量	0	1	2	4
壁障蜂窝铝	变形标准偏差 SD	0	1	2	4
	是否击穿 (Bottoming Out)	0			2
壁障台车	台车 OLC	0	1	2	4*
车辆结构及兼容性评级 (缺陷数)		≤ 1	≤ 3	≤ 5	> 5

*注：对于 OLC 大于 42 的测试车辆，若 SD 评价为优秀 ($SD \leq 80$)，车辆结构及兼容性评价整体可豁免一个缺陷，测试车辆结构缺陷不在豁免范围内。

C. 4. 4 燃料和高压系统完整性

若在试验过程中出现明显的燃料泄漏或高压系统（例如，电池包破损）损坏，则车辆结构及兼容性、总体等级降级到较差。

明显的燃料泄漏是指从碰撞到车辆静止，燃料的泄漏量超过 28g；在接下来的 5min 内，燃料的泄漏量超过 142g；再紧接着的 25min 内，每分钟的泄漏量超过 28g。

高压系统必须满足 GB/T 31498-2021 《电动汽车碰撞后安全要求》中电解液泄漏、可充电储能系统 (REESS) 安全要求和防触电保护要求，从而避免降级。具体要求汇总如下：

- 电解液泄漏要求

碰撞结束 30min 内，不应有电解液从 REESS 中溢出到乘员舱，不应有超过 5.0L 的电解

液从 REESS 中溢出。

● REESS 安全要求

- ① 位于乘员舱内的 REESS 应保持在安装位置，REESS 部件应保持在壳内，并且位于乘员舱外面的任何 REESS 部分不应进入乘员舱；
- ② 碰撞结束 30min 内，REESS 不应爆炸、起火。

● 防触电保护要求

防触电保护包括电压、电能、物理防护和绝缘电阻要求等四项评价指标。每一条高压母线至少应满足四项评价指标中的一个。如果碰撞试验在车辆的 REESS 与电力系统负载主动断开的情况下进行，则车辆的电力系统负载应满足物理防护或绝缘电阻要求；REESS 和充电用高压母线应满足四项评价指标中的一个。

① 电压要求

根据 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》规定的程序所测得的高压母线电压 V_b 、 V_1 和 V_2 应不大于 30V 交流或 60 V 直流。

② 电能要求

高压母线上的总电能 TE 和储存在 Y-电容器里的能量(TEy1, TEy2)均应小于 0.2J。

③ 物理防护

为防止直接接触高压带电部位，碰撞后车辆应有 IPXXB 级别的保护；为防止间接接触的触电伤害，用大于 0.2A 的电流进行测量，所有外露的可导电部件与电底盘之间的电阻应低于 0.1 Ω 。当电连接采用焊接方式时，视为符合此要求。

④ 绝缘电阻

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导绝缘的，直流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V ，交流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导连接的，高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。如果碰撞后，所有交流高压母线的保护级别达到 IPXXB，或交流电压等于或小于 30V，则高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V 。

C.5 总体评价

总体评价根据车辆结构及兼容性、驾驶员和前排乘员头部和颈部、胸部、大腿和髋部、

小腿和脚部伤害测量值以及约束系统和假人运动等按表 C.12 计算得到。后排乘员评价不计入车内乘员总体评价，仅作为监测项。

表 C.12 总体评价

评估项目	等级			
	优秀 (G)	良好 (A)	一般 (M)	较差 (P)
车辆结构及兼容性	0	2	6	10
驾驶员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髋部	0	2	6	10
小腿和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
前排乘员				
头部和颈部	0	2	10	20
胸部	0	2	10	20
大腿和髋部	0	2	6	10
小腿和脚部	0	1	2	4
约束系统和假人运动	0	2	6	10
总体等级界限值	0-4	5-9	10-19	20+

注：若试验后，同一排的两个车门在不借助工具的条件下从车外均不能正常打开，则总体评价降一级。

附录 D 侧面碰撞评价方法

D.1 简介

侧面碰撞评价分为约束系统和假人运动等级评定、假人伤害等级评定、车辆结构等级评定三个方面。本规程对评价方法进行了详细描述。

D.2 约束系统和假人运动等级评定

D.2.1 假人头部运动保护等级评定

假人头部运动保护等级由驾驶员和后排乘员头部运动情况评定。评价不包含反弹期间的任何接触。

D.2.1.1 优秀评价

D.2.1.1.1 头部受到了头部保护系统（一般是安全气囊）的有效保护，可以阻止头部硬接触，硬接触包含与 AC-MDB 和内饰表面接触，且头部合成加速度小于等于 70g。

D.2.1.1.2 在头部保护系统作用外，头部与车辆松脱内饰件发生了偶然接触，且头部合成加速度小于等于 70g，则头部保护不被降级。

D.2.1.1.3 若侧气帘在展开过程中被卡住导致未能完全展开，则不能评价为优秀。

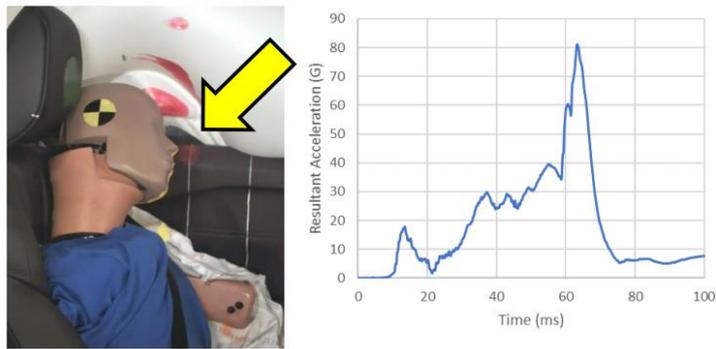
D.2.1.2 良好评价

头部没有受到头部保护系统的充分保护，与车辆内饰（例如，门窗框、C 柱等）接触，但头部合成加速度小于等于 70g。

D.2.1.3 一般评价

D.2.1.3.1 如果假人的头部与车辆内饰表面直接或间接接触（例如，侧面头部保护气囊发生触底），并且头部合成加速度大于 70g，则评价为一般。

D.2.1.3.2 若车辆未配备头部保护系统，则头部保护评价不高于一般。



注：假人在碰撞的过程中头部撞到了门内饰，并且头部合成加速度达到了 80g

图 D.1 一般评价示意图

D.2.1.4 较差评价

D.2.1.4.1 如果假人的头部不能受到头部保护系统的有效保护（如头部保护气囊起爆较晚、不起爆、误起爆或未配备）或者是假人头部不能保持在车辆内部，造成假人头部与车辆外部物体接触的风险，则头部保护评价为较差。

D.2.1.4.2 头部直接与 AC-MDB 接触，则头部保护评价判定为较差。

D.2.2 乘员防护和其它

安全带无法解锁或解锁力过大，则约束系统和假人运动评价降一级。安全带无法解锁或解锁力过大是指碰撞后假人从约束系统中解脱时，安全带无法解锁或安全带锁扣解锁力大于 100N。

D.3 SID-II_s 假人伤害等级评定

用 SID-II_s 型（D 版）假人测得的伤害值评定假人伤害等级,假人测量参数和滤波等级见表 D.1。

表 D.1 SID-II_s 型假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量通道	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_x 、 M_y 、 M_z	CFC 600
肩部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 600
	压缩变形量 D_y	CFC 600
脊椎	T1 加速度 A_y	CFC 180

测量部位	测量通道	滤波等级
	T4 加速度 A_y	CFC 1000
	T12 加速度 A_y	CFC 1000
胸部和腹部	胸部肋骨（上、中、下）压缩变形量 D_y	CFC 600
	胸部肋骨（上、中、下）加速度 A_y	CFC 1000
	腹部肋骨（上、下）压缩变形量 D_y	CFC 600
	腹部肋骨（上、下）加速度 A_y	CFC 1000
骨盆	髌骨力 F_y	CFC 600
	髌骨力 F_y	CFC 600
	骨盆加速度 A_y	CFC 1000

假人伤害等级包含头部和颈部、躯干、骨盆三个部分。

每个部分都以其相应的评价指标进行伤害等级评定，结果分为优秀、良好、一般和较差。

身体各部位评价指标的最差结果作为该部分整体评价等级。

D.3.1 头部和颈部

头部和颈部评级通过头部 HIC_{15} 、颈部轴向拉伸力 F_z 和轴向压缩力 F_z 三项指标来评定（见表 D.2）。

表 D.2 假人头部和颈部评级

评价指标	优秀	良好	一般	较差
HIC_{15}	≤ 623	≤ 779	≤ 935	> 935
颈部轴向拉伸力 F_z (kN)	≤ 2.1	≤ 2.5	≤ 2.9	> 2.9
颈部轴向压缩力 F_z (kN)	≤ 2.5	≤ 3.0	≤ 3.5	> 3.5

头部计算：

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

$$A_R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}$$

式中： A_x 、 A_y 、 A_z 代表头部三个方向加速度，单位为 g；

$$t_2 - t_1 \leq 15\text{ms}。$$

D.3.2 躯干

躯干评级通过胸部和腹部的压缩变形量、变形速率、粘性指标 VC 三项指标进行评定（见表 D.3）。

表 D.3 躯干评级

评价指标	优秀	良好	一般	较差
平均压缩变形量(mm)	≤28	≤38	≤48	>48
压缩变形量峰值(mm)	——	——	51~55	>55
粘性指标 VC (m/s)	≤1.0	≤1.2	≤1.4	>1.4
变形速率(m/s)	≤8.2	≤9.8	≤11.5	>11.5
肩部位移(mm)	如果肩部触底或其变形量超过 60mm，则躯干的评级结果降一级。肩部肋骨触底可以通过肩部力峰值与变形曲线来识别，如图 D.2 所示。			

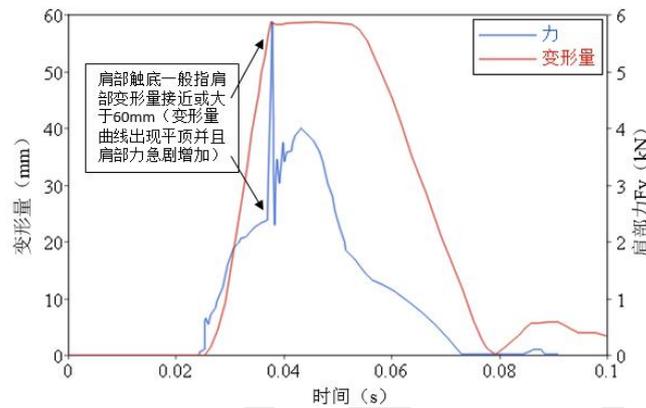


图 D.2 肩部触底示例

D.3.2.1 变形量

如果胸部和腹部的 5 根肋骨压缩变形量峰值均≤50mm，则此项评级基于 5 根肋骨压缩变形量峰值的平均值进行；如果胸部和腹部的某根肋骨压缩变形量峰值>50mm，则此项评级根据该肋骨压缩变形量峰值进行。

D.3.2.2 变形速率

肋骨的变形速率通过对肋骨变形数据进行微分得到，计算公式如下：

$$V(t)_i = D(\dot{t})_i$$

式中： $D(t)_i$ 为肋骨 i 在 t 时刻的变形量（滤波等级 CFC180），单位 mm。

D.3.2.3 粘性指标

肋骨的粘性指标（VC）通过对胸部半宽和肋骨变形速率进行计算得到，计算公式如下：

$$VC(t)_i = 1.0 * V(t)_i * \frac{D(t)_i}{138mm}$$

式中： $V(t)_i$ 为肋骨的变形速率，单位 m/s；

$D(t)_i$ 为肋骨 i 在 t 时刻的变形量，单位 mm。

D.3.3 骨盆

骨盆评级根据髌骨和髌骨合成力峰值 $F_p(t)$ 进行评价（见表 D.4）。

表 D.4 骨盆和腿部评级

评价指标	优秀	良好	一般	较差
髌骨和髌骨合成力 $F_p(t)$ (kN)	≤ 4.0	≤ 5.0	≤ 6.0	> 6.0

髌骨和髌骨的合成力 $F_p(t)$ 根据以下公式计算：

$$F_p(t) = F_A(t) + F_I(t)$$

式中： $F_A(t)$ =t 时刻的髌骨力；

$F_I(t)$ =t 时刻的髌骨力。

D.4 World SID 50th 假人伤害等级评定（监测项）

用 World SID 50th 假人测得的伤害值评定假人伤害,假人测量参数和滤波等级见表 D.5。

表 D.5 World SID 50th 假人测量参数和滤波等级

测量部位	测量通道	滤波等级
头部	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 1000
	角速度 ω_x 、 ω_y 、 ω_z	CFC 60
上颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_x 、 M_y 、 M_z	CFC 600
下颈部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 1000
	力矩 M_x 、 M_y 、 M_z	CFC 600
肩部	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 600
	压缩变形量 D	CFC 180
胸部	肋骨（上、中、下）位移量 D	CFC 180
	肋骨（上、中、下）转动角度 α	CFC 180
腹部	肋骨（上、下）压缩变形量 D	CFC 180
	肋骨（上、下）转动角度 α	CFC 180
骨盆	髌骨力 F_y	CFC 600
	髌骨力 F_y	CFC 600
	骨盆加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 600
T12	加速度 A_x 、 A_y 、 A_z	CFC 180
腰椎	力 F_x 、 F_y 、 F_z	CFC 600
	力矩 M_x 、 M_y 、 M_z	CFC 600

World SID 50th 假人具体监测指标见表 D.6。

表 D.6 World SID 50th 假人身体各部位监测指标

部位	监测指标
头部	HIC15
	3ms 合成加速度 (g)
	BrIC
上颈部和下颈部	颈部张力 Fz
	Mx
	伸张弯矩 My
胸部和腹部	胸部压缩量 (上、中、下)
	胸部粘性指数 VC
	腹部压缩量 (上、下)
	腹部粘性指数 VC
骨盆和腰椎	耻骨力
	髌骨力
	腰椎 Fy、Fz
	腰椎 Mx

D. 5 车辆结构等级评定

D. 5. 1 侵入量测量值评估

车辆结构等级主要根据试验后 B 柱与驾驶员座椅中线之间的距离进行评定（见表 D.7 和图 D.3），并且根据车辆结构件是否失效对评价等级进行修正。

B 柱与驾驶员座椅中线之间的距离，有效评定区域为 B 柱内侧表面 H 点上方 540mm 至 H 点下方 100mm 范围，其中 H 点在座椅处于最后最下位置测得。

表 D. 7 车辆结构评级

评价指标	优秀	良好	一般	较差
B 柱与驾驶员座椅中线之间的距离 (cm)	≥18.0	≥14.0	≥10.0	<10.0
结构件失效 (例如 B 柱完全断裂等)	车辆结构评级降一级			

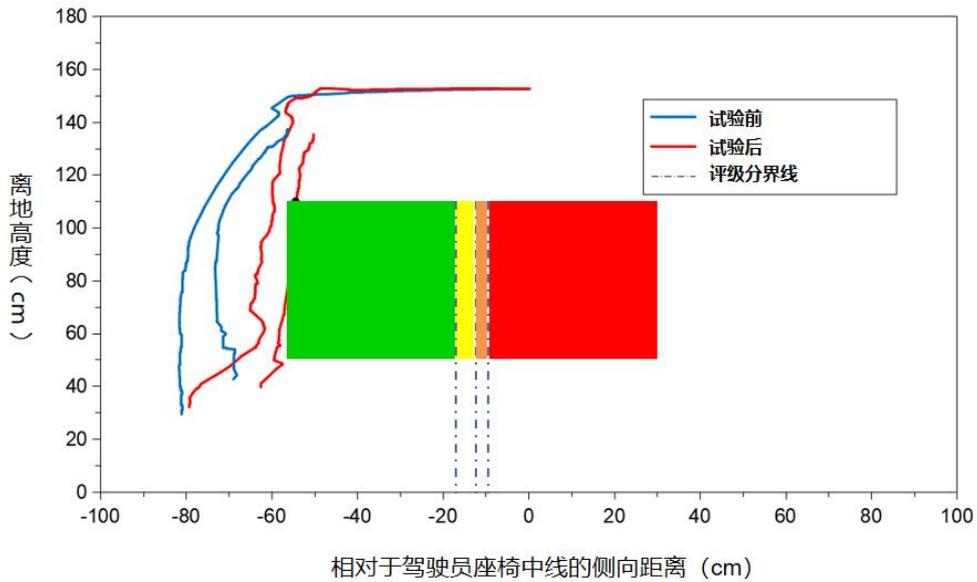


图 D. 3A 车辆结构等级评定

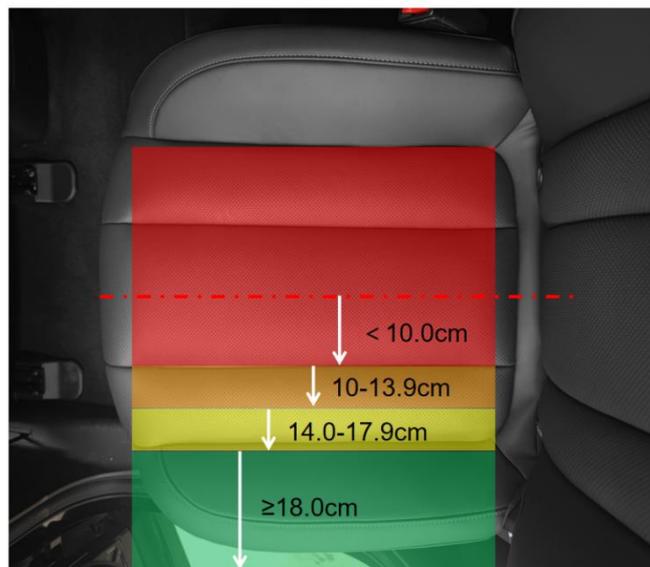


图 D. 3B 车辆结构等级评定（座椅示例）

D. 5.2 燃料和高压系统完整性

若在试验过程中出现明显的燃料泄漏或高压系统（例如，电池包破损）损坏，则车辆结构和总体等级降级到较差。

明显的燃料泄漏是指从碰撞到车辆静止，燃料的泄漏量超过 28g；在接下来的 5min 内，燃料的泄漏量超过 142g；再紧接着的 25min 内，每分钟的泄漏量超过 28g。

高压系统必须满足 GB/T 31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》中电解液泄漏、可充

电储能系统（REESS）安全要求和防触电保护要求，从而避免降级。具体要求汇总如下：

- 电解液泄漏要求

碰撞结束 30min 内，不应有电解液从 REESS 中溢出到乘员舱，不应有超过 5.0L 的电解液从 REESS 中溢出。

- REESS 安全要求

- ① 位于乘员舱内的 REESS 应保持在安装位置，REESS 部件应保持在其外壳内，并且位于乘员舱外面的任何 REESS 部分不应进入乘员舱；
- ② 碰撞结束 30min 内，REESS 不应爆炸、起火。

- 防触电保护要求

防触电保护包括电压、电能、物理防护和绝缘电阻要求等四项评价指标。每一条高压母线至少应满足四项评价指标中的一个。如果碰撞试验在车辆的 REESS 与电力系统负载主动断开的情况下进行，则车辆的电力系统负载应满足物理防护或绝缘电阻要求；REESS 和充电用高压母线应满足四项评价指标中的一个。

- ① 电压要求

根据 GB31498-2021《电动汽车碰撞后安全要求》规定的程序所测得的高压母线电压 V_b 、 V_1 和 V_2 应不大于 30V 交流或 60V 直流。

- ② 电能要求

高压母线上的总电能 TE 和储存在 Y-电容器里的能量(TEy1, TEy2)均应小于 0.2J。

- ③ 物理防护

为防止直接接触高压带电部位，碰撞后车辆应有 IPXXB 级别的保护；为防止间接接触的触电伤害，用大于 0.2A 的电流进行测量，所有外露的可导电部件与电底盘之间的电阻应低于 0.1 Ω 。当电连接采用焊接方式时，视为符合此要求。

- ④ 绝缘电阻

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导绝缘的，直流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100 Ω/V ，交流高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。

若交流高压母线和直流高压母线是互相传导连接的，高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 500 Ω/V 。如果碰撞后，所有交流高压母线的保护级别达到 IPXXB，或交流电压等于或小于 30V，则高压母线与电底盘之间的绝缘电阻应大于或等于 100

Ω/V 。

D.6 总体评价

总体评价根据车辆结构、约束系统和假人运动、假人头部和颈部、躯干、骨盆按表 D.8 计算得到。

表 D.8 总体评级

评估项目	优秀 (G)	良好 (A)	一般 (M)	较差 (P)
车辆结构	0	2	10	22
驾驶员				
约束系统和假人运动	0	2	10	22
头部和颈部	0	2	10	35
躯干	0	2	10	35
骨盆	0	2	6	10
后排乘员				
约束系统和假人运动	0	2	10	22
头部和颈部	0	2	10	35
躯干	0	2	10	35
骨盆	0	2	6	10
总体等级限值	0~8	9~20	21~34	35+

注：若试验过程中车门打开或试验后同一排的两个车门在不借助工具的条件下均不能正常打开，总体评价等级降一级。