

IVISTA

中国商用车智能专项测评

编号: IVISTA-SM-ISI.AEB-TP-A0-2024

智能安全指数 自动紧急制动系统试验规程 (重型商用车)

Intelligent Safety Index

Autonomous Emergency Braking Test Protocol

(Heavy Goods Vehicle)

(2024 版)

中国汽车工程研究院股份有限公司 发布

目 次

1 范围.....	3
2 规范性引用文件.....	3
3 术语和定义.....	3
4 试验准备及要求.....	10
4.1 车对车试验要求.....	10
4.2 车对 VRU 试验要求.....	15
5 试验方法.....	20
5.1 车对车试验方法.....	20
5.2 车对 VRU 试验方法.....	25
5.3 AEB 干预试验.....	38
5.4 附加检查试验.....	38
6 实验拍摄.....	42

自动紧急制动系统试验规程

1 范围

本规程规定了智能安全指数 自动紧急制动系统（重型商用车）的术语和定义、技术要求和试验方法。

本规程适用于安装有自动紧急制动系统的 N₂ 和 N₃ 类汽车，本文件不适用于站立位公共汽车、越野车、专门用途车辆、危险货物运输半挂牵引车、液体危险货物运输罐式货车及爆炸品运输车。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规程；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

GB/T 15089-2001 机动车辆及挂车分类

GB/T 33577-2017 智能运输系统 车辆前向碰撞预警系统 性能要求和测试规程

GB/T 39263-2020 道路车辆 先进驾驶辅助术语及定义

JT/T 1242-2019 营运车辆自动紧急制动系统性能要求和测试规程

IIHS 自动紧急制动系统测评规程(Autonomous Emergency Braking Test Protocol)

IIHS 前向碰撞预警与自动紧急制动评价指南(Rating Guidelines for Forward Collision Warning and Autonomous Emergency Braking)

NHTSA 前向碰撞预警系统验证试验(Forward Collision Warning System Confirmation Test)

Euro-ncap-trucks-ca-frontal-collisions-vehicle-test-protocol-v10

Euro-ncap-trucks-ca-frontal-collisions-vru-test-protocol-v10

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规程。

3.1

重型商用车 heavy goods vehicle; HGV

总质量超过 3500 公斤的 N₂ 或 N₃ 类车辆。

3.2

惯性坐标系 inertial frame

本规程采用 ISO 8855:2011 中所指定的惯性坐标系,其中 x 轴指向车辆前方,y 轴指向驾驶员左侧,z 轴指向上方(右手坐标系)。从原点向 x、y、z 轴的正向看去,绕 x、y 和 z 轴顺时针方向旋转是侧倾角、俯仰角和横摆角。左舵和右舵车辆皆采用此坐标系。

3.3

自动紧急制动 autonomous emergency braking; AEB

实时监测车辆前方行驶环境,并在可能发生碰撞危险时自动启动车辆制动系统使车辆减速,以避免碰撞或减轻碰撞后果。

[来源: GB/T 39263-2020, 2.3.1]

3.4

前向碰撞预警 forward collision warning; FCW

实时监测车辆前方行驶环境,并在可能发生前向碰撞危险时发出警告信息。

[来源: GB/T 39263-2020, 2.2.10]

3.5

测试车辆 vehicle under test; VUT

指按照本规程进行测试的车辆或车辆与拖车的组合,车辆装有缓解或避免碰撞的系统,即重型卡车。

3.6

全局目标车辆 global vehicle target; GVT

指 ISO 19206-3:2021 中定义的本规程中使用的车辆目标,它是车辆自动紧急制动系统工作时所针对的对象。

3.7

卡车目标 Truck Target

卡车目标应为批量生产的 N3 类载货车辆,或表面特征参数能够代表 N3 类载货车辆且适应传感器系统的柔性目标物。它是车辆自动紧急制动系统工作时所针对的对象。其中,柔性目标物当前尺寸要求如表 3-1 所示。

表 3-1 卡车柔性目标物主要尺寸

属性	参数
车厢宽	2530 mm
车厢高	2700 mm

总高	3900 mm
保险杠距地	480 mm
保险杠长度	2300 mm
保险杠宽度	120 mm

3.8

弱势道路使用者 vulnerable road user; VRU

易受伤害的道路使用者（如行人和自行车骑行者）。

3.9

成人假人目标 adult pedestrian target; APT

指 ISO 19206-2:2018 规定的本规程中使用的铰接式成人行人目标，它是车辆自动紧急制动系统工作时所针对的对象。

3.10

儿童假人目标 child pedestrian target; CPT

指 ISO 19206-2:2018 中规定的本规程中使用的铰接式儿童行人目标，它是车辆自动紧急制动系统工作时所针对的对象。

3.11

自行车骑行者目标 bicyclist target; BT

指 ISO 19206-4:2020 中规定的本规程中使用的两轮车目标，它是车辆自动紧急制动系统工作时所针对的对象。

3.12

车间距 clearance

GVT 车尾与 VUT 头部之间的距离。

3.13

车辆宽度 vehicle width

平行于车辆纵向对称平面并分别抵靠车辆两侧固定突出部位的两平面之间的距离，固定突出部位不包含后视镜、侧面标志灯、示位灯、转向灯、挠性挡泥板、折叠式踏板、防滑链以及与地面接触变形部分等。

3.14

重叠率 overlap rate

是指 GVT 与 VUT 宽度重叠的百分比，其中重叠定义的参考线是 GVT 的中心线。在 100%重叠的情况下，VUT 和 GVT 的中心线对齐。如图 3-3 所示，在 50%重叠的情况下，GVT 的中心线与车辆宽度定义的外缘对齐。

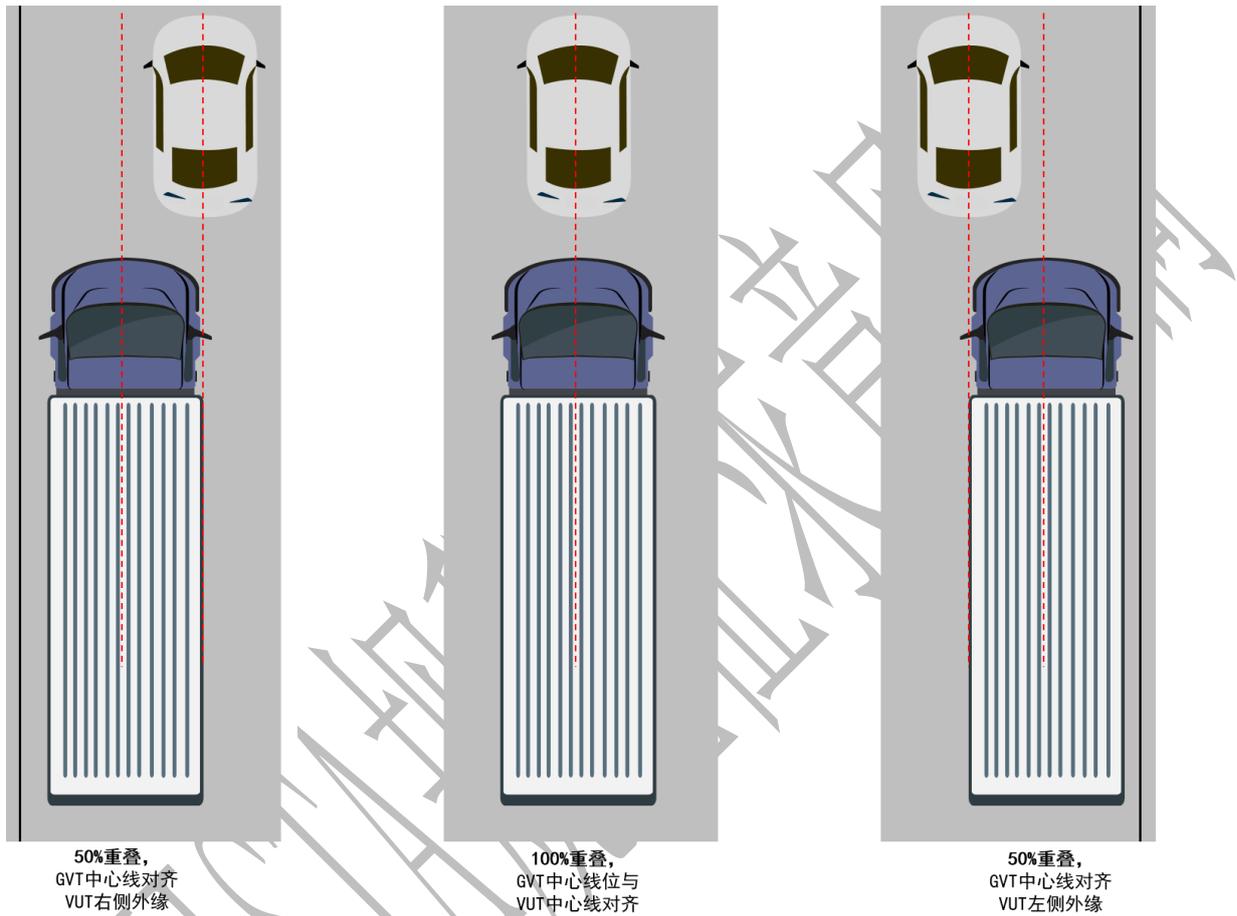


图 3-3 横向重叠率

3.15

碰撞时间 time to collision; TTC

当相对速度不为零时，可以通过式(1)计算在同一路径上行驶的两车，假定相对速度保持不变时距离碰撞发生的时间。其值可以通过 VUT 与 GVT 的车间距除以相对速度来估算。当不满足计算条件或碰撞时间的计算结果为负值时，表明在上述假定条件下，碰撞不可能发生。

$$TTC = \frac{X_0(t)}{V_r(t)} \tag{1}$$

式中：

$V_r(t)$ ——相对速度，单位为米/秒 (m/s)

$X_0(t)$ ——车间距，单位为米(m)

3.16

相对速度 relative velocity

GVT 与 VUT 的纵向速度之差。

3.17

碰撞点 impact point

VUT 首次与 GVT 发生碰撞的点。

3.18

碰撞预警阶段 collision warning phase

在紧急制动阶段前，AEB 系统向驾驶员发出前方可能发生碰撞的预警的阶段。

3.19

重型商用车与行人碰撞 HGV-to-pedestrian

在没有刹车和/或转向的情况下，重型商用车与行驶路径上的成人或儿童行人发生碰撞。

3.20

重型商用车与两轮车碰撞 HGV-to-bicyclist

在没有刹车和/或转向的情况下，重型商用车与道路上的两轮车发生碰撞。

3.21

AEB 系统激活时间 AEB system activation time; T_{AEB}

是指首先确定滤波加速度信号中最后一个低于 $-1m/s^2$ 的时间点，然后逆向查找至加速度首次超过 $-0.3m/s^2$ 的时间点之间的时间段。

3.22

车对车碰撞时间 time to collision of C2C; $T_{impact_vehicle}$

VUT 撞击 GVT 的时间。

3.23

车对车碰撞速度 speed to collision of C2C; $V_{impact_vehicle}$

VUT 撞击 GVT 时，VUT 的速度。

3.24

车对车相对碰撞速度 relative speed to collision of C2C; $V_{rel_impact_vehicle}$

VUT 与 GVT 碰撞时的相对速度。

3.25

车对VRU相对碰撞速度 relative impact speed to collision of C2VRU; $V_{rel_impact_vru}$

指VUT与APT或CPT或BT碰撞时的相对速度，即从碰撞时VUT的纵向速度减去APT或CPT或BT的纵向速度。

3.26

车对车横向路径误差 lateral offset error of C2C

如图3-1所示，车对车横向路径误差是指与预定直线路径平行测量时，VUT前端中心与GVT后端中心之间的横向距离。

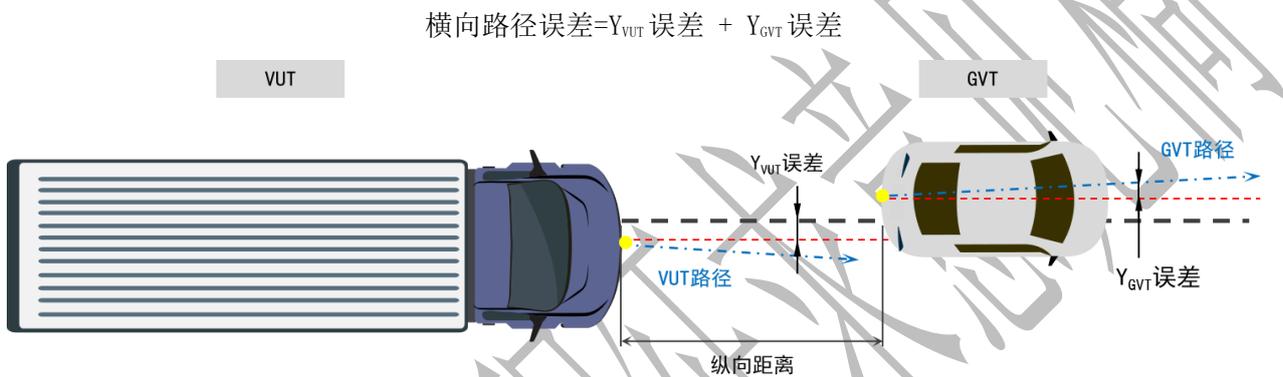


图 3-1 车对车横向路径误差

3.27

车对VRU横向路径误差 lateral offset error of C2VRU

横向偏移量(Y_{VUT} 误差)为VUT前端中心与预定直线路径平行测量时的横向距离，如图3-2所示。

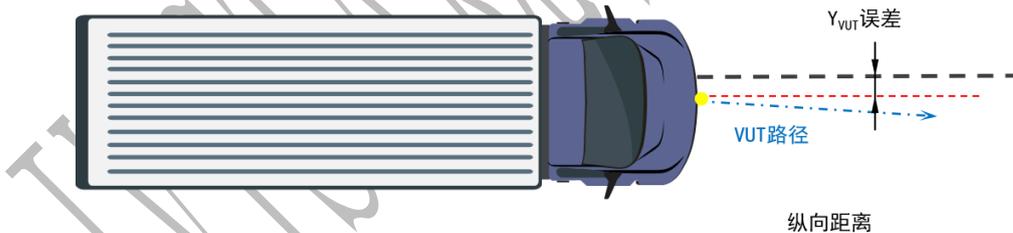


图 3-2 车对VRU横向路径误差

3.28

重型卡车与静止的GVT发生碰撞 HGV-to-car rear stationary; HCRs

当GVT处于静止时，VUT向前与GVT尾部发生碰撞。

3.29

重型卡车与匀速行驶的GVT发生碰撞 HGV-to-car rear moving; HCRm

当GVT处于匀速行驶时，VUT向前与GVT尾部发生碰撞。

3.30

重型商用车与先匀速行驶，然后再减速行驶的 GVT 发生碰撞 HGV-to-car rear braking; HCRb
当 GVT 先匀速行驶然后匀减速行驶时，VUT 向前与 GVT 尾部发生碰撞。

3.31

重型商用车与静止的卡车发生碰撞 HGV-to-truck rear stationary; HTRs
当卡车处于静止时，VUT 向前与卡车尾部发生碰撞。

3.32

成人远端横穿 50%工况 HGV to pedestrian farside adult 50%; HPFA-50
车辆向前行驶，成人在车辆前方从远侧进行横穿，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 50%位置与成人发生碰撞。

3.33

成人近端横穿 25%工况 HGV to pedestrian nearside adult 25%; HPNA-25
车辆向前行驶，成人在车辆前方从近侧进行横穿，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 25%位置与成人发生碰撞。

3.34

成人近端横穿 75%工况 HGV to pedestrian nearside adult 75%; HPNA-75
车辆向前行驶，成人在车辆前方从近侧进行横穿，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 75%位置与成人发生碰撞。

3.35

儿童近端横穿遮挡 50%工况 HGV to pedestrian nearside child obstruction 50%; HPNC0-50
车辆向前行驶，该儿童在车辆前方从近侧进行横穿，并且在近侧有遮挡，当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 50%位置与儿童发生碰撞。

3.36

成人纵向行走 25%工况 HGV to pedestrian longitudinal adult 25%; HPLA-25
车辆向前行驶，成人在车辆前方同向行走，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 25%位置与成人发生碰撞。

3.37

成人纵向行走 50%工况 HGV to pedestrian longitudinal adult 50%; HPLA-50
车辆向前行驶，成人在车辆前方同向行走，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽

度的 50%位置与成人发生碰撞。

3.38

成人自行车近端横穿 50%工况 HGV to bicyclist nearside adult 50%; HBNA-50

车辆向前行驶，成人骑行自行车在车辆前方从近侧进行横穿，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 50%位置与目标物发生碰撞。

3.39

成人自行车骑行者纵向追尾 50%工况 HGV to bicyclist longitudinal adult 50%; HBLA-50

车辆向前行驶，成人自行车骑行者在车辆前方同向行驶，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 50%位置与目标物发生碰撞。

3.40

成人自行车骑行者纵向追尾 25%工况 HGV to bicyclist longitudinal adult 25%; HBLA-25

车辆向前行驶，成人自行车骑行者在车辆前方同向行驶，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会在车辆宽度的 25%位置与目标物发生碰撞。

4 试验准备及要求

4.1 车对车试验要求

4.1.1 场地要求

a) 必须为铺装路面，且路面干燥（表面无明显湿气）、均匀、坚实，最小峰值制动系数应为 0.9，长度至少为 500 m；

b) 测试路面纵向最大坡度为 1%，靠近道路中线两侧的半个车道宽度范围内的最大坡度为 2%，远离道路中线两侧的半个车道宽度范围内的最大坡度为 3%；

c) 在试验车道的中心线两侧横向延伸 3 m 的范围内，以及在测试结束后，自测试点起算，沿车辆行驶方向（纵向）向前 30 m 的区域内，测试路面不得存在任何不规则状况，如显著的凹陷、裂缝、沙井盖或反光钉等。并且该区域内没有其他车辆、公路设施、障碍物、其他物体或人员；

d) 允许有车道标记的存在。但是试验仅能在距离测试路径两侧各 5 m 范围内，典型道路标记表示的行车道不与测试路径平行的区域进行。车道线或标记可能会横跨测试路径，但需要确保其不会出现在可能触发 AEB 系统的区域内；

e) 测试路径不得从高架标志、桥梁、龙门架或其他重要结构下通过；

f) 测试区域前方和两侧应是完全平坦的人造环境或自然环境（例如，测试路面、天然植被或天空

等），不得包含任何具有高反射率或可能导致传感器测量异常的类型车辆轮廓的物体。

4.1.2 试验环境要求

- a) 环境温度在 5°C 至 40°C 之间的干燥条件下进行测试；
- b) 地面水平能见度应大于 1km，风速应低于 10m/s；
- c) 试验应在均匀的自然光照条件下进行，光照度需达到至少 2000 Lux，除非车辆制造商对光照度的下限值有更低的要求。除 VUT 或 GVT 造成的阴影外，试验道路无明显阴影，并且测试车辆不能朝向或背离太阳行驶。

4.1.3 设备要求

4.1.3.1 GVT 要求

根据 ISO 19206-3:2021 规定，用于试验的 GVT 应为 M1 类常规大批量生产的乘用车，或者是代表乘用车的“软目标”。其中 GVT 需要能够与雷达 (24 和 77 GHz)、激光雷达以及相机等传感器系统配合使用。若车辆制造商认为 GVT 无法与 VUT 所使用的、但未在上述列表中提及的其他类型传感器系统相兼容，请直接联系指数管理中心。

4.1.3.2 数据采集变量要求

以至少 100 Hz 的频率采样并记录所有动态数据。使用差分 GPS 将 GVT 数据与 VUT 数据时间戳同步。最好在每次测试开始时或至少每 30 分钟测量并记录以下参数：

- a) 环境温度 (°C)
- b) 路面温度 (°C)
- c) 风速 (m/s)
- d) 风向 (方位角或罗盘方向)
- e) 环境照明 (Lux)

其中采集的数据变量及符号如表 4-1 所示：

表 4-1 采集数据变量及符号

变量含义	符号
时间	T
HCRs、HCRm、HTRs 的开始减速时间 (TTC=4s) (HCRb: 当 GVT 开始减速时)	T ₀
AEB 系统激活时间	T _{AEB}
VUT 碰撞 GVT 时间	T _{impact_vehicle}

测试期间 VUT 位置	X_{VUT}, Y_{VUT}
测试期间 GVT 位置	X_{GVT}, Y_{GVT}
测试期间 VUT 速度	V_{VUT}
VUT 碰撞 GVT 时的速度	$V_{\text{impact_vehicle}}$
VUT 碰撞 GVT 时的相对速度	$V_{\text{rel_impact_vehicle}}$
测试期间 GVT 速度	V_{GVT}
测试期间 VUT 加速度	A_{VUT}
测试期间 GVT 加速度	A_{GVT}
测试期间 VUT 偏航速度	Ψ_{VUT}
测试期间 GVT 偏航速度	Ψ_{GVT}
测试期间 VUT 方向盘速度	Ω_{VUT}

4.1.3.4 数据处理要求

对测量数据进行如下处理：

- a) 位置和速度信息不做任何处理，使用原始数据；
- b) 加速度、偏航率、方向盘速度和转向力采用 12 极无相巴特沃斯滤波器 (Butter Worth) 进行滤波处理，截止频率为 10 Hz。

4.1.3.3 数据采集精度要求

为 VUT 和 GVT 配备数据测量和采集设备，以便采样和记录数据，精度至少达到：

- a) VUT 和 GVT 纵向速度精度至少 ± 0.1 km/h；
- b) VUT 和 GVT 的横向和纵向位置精度至少 ± 0.03 m；
- c) VUT 航向角精度至少 $\pm 0.1^\circ$ ；
- d) VUT 和 GVT 偏航率精度至少为 $\pm 0.1^\circ/\text{s}$ ；
- e) VUT 纵向加速度精度至少为 ± 0.1 m/s²；
- f) VUT 方向盘速度精度至少为 $\pm 1.0^\circ/\text{s}$ 。

4.1.4 车辆准备

4.1.4.1 系统初始化

- a) 如有必要，试验前可先进行 AEB 系统的初始化，包含对雷达、摄像头等传感器的校准，整个过程可由车辆制造商协助进行；
- b) 在开始测试前排除所有故障，确认所有 VUT 安全和操作系统运行正常，未向驾驶员显示任何警

告信息或指示灯；

c) 将任何可配置的驾驶控制设置为自动模式，例如行驶高度设置。如果没有自动模式，设置为中间设置；

d) 在试验车道上行驶时，将转向控制装置对中，确保 VUT 具有良好的直线驾驶性能。

4.1.4.2 测试车辆条件

a) VUT 若是半挂牵引车，在进行附加检查试验时，VUT 不带挂；

b) 若 VUT 是半挂牵引车，则与 VUT 连接的半挂车应满足下列要求：

——长度接近但不超过允许的最大值；

——半挂车总质量足以满足 VUT 的质量要求；

——箱式或帘式车身；

——配备盘式制动器、A 类防抱死制动系统 (ABS) 和电子制动系统 (EBS)。

c) 试验过程中，测试车辆应保持满载状态。若测试车辆为半挂牵引车应带挂保持满载状态。负载分配应与车辆制造商共同决定，一旦开始测试程序，不得对负载进行任何改动；

4.1.4.3 测试车辆状态

a) 当车辆装有可展开的行人/车辆后视镜保护系统时，应在测试开始前关闭该系统；

b) 按以下方式对车辆的制动器进行调校（如果之前未进行过其他测试或行驶里程未超过 100km），以确保制动器既不是全新的，也没有被腐蚀。在开始下一次制动器调整运行之前，确认最热制动器转子的温度低于 400 °C，或在两次运行之间等待 120 s，以防止制动器过热：

——VUT 以 56 km/h 的初速度，约 0.2 g—0.3 g 平均减速度制动到速度为 0，反复进行 10 次；

——然后立即以 72 km/h 的初速度，全力制动（应使用足够的制动力，以触发 ABS）到速度为零，反复进行 3 次；

——最后以大约 72 km/h 的速度行驶 5 分钟，冷却制动器。

c) 按以下方式对车辆轮胎进行磨合（如果之前未进行过其他测试或行驶里程未超过 100 km），以去除霉斑：

——以足以产生约 0.1 g—0.2 g 横向加速度的速度绕直径为 30m 的圆圈顺时针行驶三圈，然后逆时针行驶三圈；

——接着以 56 km/h 的速度行驶四圈，每圈以 1Hz 的频率和足以产生约 0.1 g—0.2 g 的峰值横向加速度的振幅进行十次正弦的转向循环输入；

——在最后一圈的最后一个转向循环输入中，使方向盘振幅是之前输入的两倍；

(如果正弦波驱动不稳定, 则将转向输入的振幅降低到适当的安全水平, 然后继续进行行驶四圈)

d) 使用车辆制造商规定的品牌、型号、尺寸、速度和额定负载的原装新轮胎进行测试。轮胎气压应为车辆制造商推荐的标准冷胎气压, 若有多个推荐值, 则使用与适当的装载条件相符的充气压力;

e) 测试车辆燃油量应不少于油箱容量的 50%, 全车其他油、水等液体 (如冷却液、制动液、机油等) 应至少达到最小指示位置;

f) 在车载驾驶员、测试设备和压载物的情况下测量 VUT 车桥质量, 确认单个车桥重量不超过允许的最大值;

g) 对于可外接充电的新能源车辆, 按照 GB/T 18385-2024 对动力蓄电池完全充电; 对于不可外接充电的新能源车辆, 按照车辆正常运行状态准备试验; 在试验期间, 车辆电量可能会降低, 但不得低于 50%。

4.1.4.4 功能检查

试验开始前, 以系统被触发的最低车速进行 3 次试验, 用以确保系统能正常工作。

对安装有 AEB 系统解除装置的车辆, 将点火开关置于“点火” (运行) 位置并解除 AEB 系统, 检查警告信号是否点亮。将点火开关置于“熄火” (关闭) 位置。然后再次将点火开关置于“点火” (运行) 位置, 确认此前曾点亮的警告信号是否点亮。如果点火系统通过钥匙启动, 则应在全程未拔出钥匙的条件下进行上述操作。

4.1.4.5 功能设置

针对报警级别有多个选项可设置的 AEB 和/或 FCW 系统, 应在试验开始前将制动和/或报警级别设置为中档; 若档位个数为偶数, 则设置为中间偏早的档位。



图 4-1 测试系统设置

4.1.4.6 制动系统预热

试验开始前, 应对制动系统进行预热, 包括:

a) VUT 以 56 km/h 的初速度, 约 3 m/s^2 的平均减速度制动到速度为零, 反复进行 10 次;

b) VUT 然后以 72 km/h 的初速度, 全力制动 (应使用足够制动力使触发 ABS) 到速度为零, 反复进行 3 次;

c) VUT 以 72 km/h 的速度行驶 5 分钟, 冷却制动系统;

d) 两次正式试验间隔至少为 3 分钟；试验过程中，如果 VUT 静止时间大于 15 分钟，则要以 72 km/h 的初速度，不小于 4 m/s^2 的平均减速度制动到速度为零，反复进行 3 次来预热制动系统；

e) 制动系统最后一次预热和正式试验相隔至少 3 分钟。

4.2 车对 VRU 试验要求

4.2.1 场地要求

a) 必须为铺装路面，且路面干燥（表面无明显湿气）、均匀、坚实，最小峰值制动系数应为 0.9，长度至少为 500 m；

b) 测试路面纵向最大坡度为 1%，靠近道路中线两侧的半个车道宽度范围内的最大坡度为 2%，远离道路中线两侧的半个车道宽度范围内的最大坡度为 3%；

c) 在试验车道的中心线两侧横向延伸 3 m 的范围内，以及在测试结束后，自测试点起算，沿车辆行驶方向（纵向）向前 30 m 的区域内，测试路面不得存在任何不规则状况，如显著的凹陷、裂缝、沙井盖或反光钉等；

d) 允许有车道标记的存在。但是试验仅能在距离测试路径两侧各 5 m 范围内，典型道路标记表示的行车道不与测试路径平行的区域进行。车道线或标记可能会横跨测试路径，但需要确保它们不会出现在可能触发 AEB 系统的区域内；

e) 测试路径不得从高架标志、桥梁、龙门架或其他重要结构下通过；

f) 测试区域前方和两侧应是完全平坦的人造环境或自然环境（例如，测试路面、天然植被或天空等），不得包含任何具有高反射率或可能导致传感器测量异常的类型车辆轮廓的物体。

g) 进行测试时，测试路面上不得有其他车辆、公路基础设施、障碍物（测试方案中详细说明除外）、其他物体或人员，否则可能导致传感器测量异常。测试所需可用空间如图 4-2：

——在整个试验期间，在 VUT 测试路径两侧各 5 m 的范围内。试验结束时，在 VUT 前面 20 m 的纵向距离内；

——VRU 目标周围半径为 2 m 的圆，以及 VUT 的几何中心与 VRU 目标周围的圆圈之间的视轴。

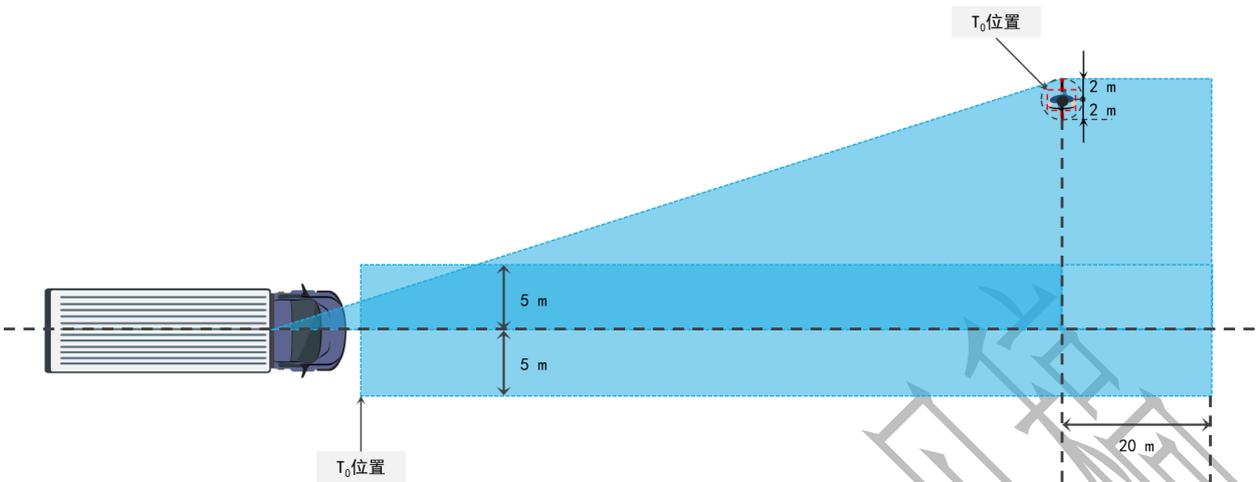


图 4-2 测试所需可用空间

4.2.2 试验环境要求

- a) 环境温度在 5°C 至 40°C 之间的干燥条件下进行测试；
- b) 地面水平能见度应大于 1 km，风速应低于 10 m/s；
- c) 试验应在均匀的自然光照条件下进行，光照度需达到至少 2000 Lux，除非车辆制造商对光照度的下限值有更低的要求。除 VUT 或 GVT 造成的阴影外，试验道路无明显阴影，并且测试车辆不能朝向或背离太阳行驶。

4.2.3 设备要求

4.2.3.1 VRU 要求

试验使用可摆腿成人假人目标 APT 代替成人行人，使用可摆腿儿童假人目标 CPT 代替儿童行人，使用自行车骑行者目标 BT 代替自行车骑行者，假人具体要求参照 Articulated Pedestrian Target Specification document version 1.0 和 Bicyclist Target Specification document version 1.0 的规定。为确保结果的可重复性，推进系统和 VRU 目标必须符合 ISO 19206 中的详细要求。其中 VRU 可与雷达 (24 和 77-81Ghz)、激光雷达、相机和超声波传感器配合使用。若车辆制造商认为 VRU 目标无法与 VUT 所使用的、但未在上述列表中提及的其他类型传感器系统相兼容，请直接联系 C-IASI 管理中心。

4.2.3.2 数据采集变量要求

以至少 100 Hz 的频率采样并记录所有动态数据。使用差分 GPS 将 GVT 数据与 VUT 数据时间戳同步。最好在每次测试开始时或至少每 30 分钟测量并记录以下参数：

- a) 环境温度(°C)

- b) 路面温度(°C)
- c) 风速(m/s)
- d) 风向(方位角或罗盘方向)
- e) 环境照明(Lux)

其中采集的数据变量及符号如表 4-2 所示:

表 4-2 采集数据变量及符号

变量含义	符号
时间	T
T ₀ 等于(TTC=4s), 以下情况除外: HPFA、HPNA、HBNA 和 HPNCO 的 T ₀ 是当目标进入稳态距离 (APT 加速阶段后 0.5s)	T ₀
AEB 系统激活时间	T _{AEB}
FCW 系统激活时间	T _{FCW}
VUT 与 VRU 碰撞时间	T _{Impact_vru}
测试期间 VUT 位置	X _{VUT} , Y _{VUT}
测试期间 VRU 位置	X _{VRU} , Y _{VRU}
测试期间 VUT 速度	V _{VUT}
VUT 碰撞 VRU 时的速度	V _{Impact_vru}
VUT 碰撞 VRU 时的相对速度	V _{rel_impact_vru}
测试期间 VRU 速度	V _{VRU}
测试期间 VUT 加速度	A _{VUT}
测试期间 VUT 偏航速度	Ψ _{VUT}
测试期间 VUT 方向盘速度	Ω _{VUT}

4.2.3.3 数据处理要求

对测量数据进行如下处理:

- a) 位置和速度信息不做任何处理, 使用原始数据;
- b) 加速度、偏航率、方向盘速度和转向力采用 12 极无相巴特沃斯滤波器(Butter Worth)进行滤波处理, 截止频率 10Hz。

4.2.3.4 数据采集精度要求

为 VUT 和 VRU 配备数据测量和采集设备, 以便采样和记录数据, 精度至少达到:

- a) VUT 和 VRU 纵向速度精度至少 ±0.1 km/h;

- b) VUT 和 VRU 的横向和纵向位置精度至少 ± 0.03 m;
- c) VUT 航向角精度至少 $\pm 0.1^\circ$;
- d) VUT 和 VRU 偏航率精度至少为 $\pm 0.1^\circ/\text{s}$;
- e) VUT 纵向加速度精度至少为 $\pm 0.1\text{m}/\text{s}^2$;
- f) VUT 方向盘速度精度至少为 $\pm 1.0^\circ/\text{s}$ 。

4.2.4 车辆准备

4.2.4.1 系统初始化

- a) 如有必要, 试验前可先进行 AEB 系统的初始化, 包含雷达、摄像头等传感器的校准, 整个过程可由车辆制造商协助进行;
- b) 在开始测试前排除所有故障, 确认所有 VUT 安全和操作系统运行正常, 未向驾驶员显示任何警告信息或指示灯;
- c) 将任何可配置的驾驶控制设置为自动模式, 例如行驶高度设置。如果没有自动模式, 设置为中间设置;
- d) 当在试验车道上行驶时, 将转向控制装置对中, 确保 VUT 具有良好的直线驾驶性能。

4.2.4.2 测试车辆条件

- a) VUT 若是半挂牵引车, 在进行附加检查试验时, VUT 不带挂;
- b) 若 VUT 是半挂牵引车, 则与 VUT 连接的半挂车应满足下列要求:
 - 长度接近但不超过允许的最大值;
 - 半挂车总质量足以满足 VUT 的质量要求;
 - 箱式或帘式车身;
 - 配备盘式制动器、A 类防抱死制动系统 (ABS) 和电子制动系统 (EBS)。
- c) 试验过程中, 测试车辆应保持满载状态。若测试车辆为半挂牵引车应带挂保持满载状态。负载分配应与车辆制造商共同决定, 一旦开始测试程序, 不得对负载进行任何改动;

4.2.4.3 测试车辆状态

- a) 当车辆装有可展开的行人/车辆后视镜保护系统时, 应在测试开始前关闭该系统;
- b) 按以下方式对车辆的制动器进行调校 (如果之前未进行过其他测试或行驶里程未超过 100km), 以确保制动器既不是全新的, 也没有被腐蚀。在开始下一次制动器调整运行之前, 确认最热制动器转子的温度低于 400°C , 或在两次运行之间等待 120 s, 以防止制动器过热:
 - VUT 以 56km/h 的初速度, 约 0.2g — 0.3g 平均减速度制动到速度为 0, 反复进行 10 次;

——然后立即以 72km/h 的初速度，全力制动（应使用足够的制动力，以触发 ABS）到速度为零，反复进行 3 次；

——最后以大约 72km/h 的速度行驶 5 分钟，冷却制动器。

c) 按以下方式对车辆轮胎进行磨合（如果之前未进行过其他测试或行驶里程未超过 100 km），以去除霉斑：

——以足以产生约 0.1 g-0.2 g 横向加速度的速度绕直径为 30m 的圆圈顺时针行驶三圈，然后逆时针行驶三圈；

——接着以 56 km/h 的速度行驶四圈，每圈以 1Hz 的频率和足以产生约 0.1 g-0.2 g 的峰值横向加速度的振幅进行十次正弦的转向循环输入；

——在最后一圈的最后一个转向循环输入中，使方向盘振幅是之前输入的两倍；

（如果正弦波驱动不稳定，则将转向输入的振幅降低到适当的安全水平，然后继续进行行驶四圈）

d) 使用车辆制造商规定的品牌、型号、尺寸、速度和额定负载的原装新轮胎进行测试。轮胎气压应为车辆制造商推荐的标准冷胎气压，若有多个推荐值，则使用与适当的装载条件相符的充气压力；

e) 测试车辆燃油量应不少于油箱容量的 50%，全车其他油、水等液体（如冷却液、制动液、机油等）应至少达到最小指示位置；

f) 在车载驾驶员、测试设备和压载物的情况下测量 VUT 车桥质量，确认单个车桥重量不超过允许的最大值；

g) 对于可外接充电的新能源车辆，按照 GB/T 18385-2024 对动力蓄电池完全充电；对于不可外接充电的新能源车辆，按照车辆正常运行状态准备试验；在试验期间，车辆电量可能会降低，但不得低于 50%。

4.2.4.4 功能检查

试验开始前，以系统被触发的最低车速进行 3 次试验，用以确保系统能正常工作。

对安装有 AEB 系统解除装置的车辆，将点火开关置于“点火”（运行）位置并解除 AEB 系统，检查警告信号是否点亮。将点火开关置于“熄火”（关闭）位置。然后再次将点火开关置于“点火”（运行）位置，确认此前曾点亮的警告信号是否点亮。如果点火系统通过钥匙启动，则应在全程未拔出钥匙的条件下进行上述操作。

4.2.4.5 功能设置

针对报警级别有多个选项可设置的 AEB 和/或 FCW 系统，应在试验开始前将制动和/或报警级别设置为中档；若档位个数为偶数，则设置为中间偏早的档位。



图 4-2 测试系统设置

4.2.4.6 制动系统预热

试验开始前，应对制动系统进行预热，包括：

- a) VUT 以 56 km/h 的初速度，约 3 m/s^2 的平均减速度制动到速度为零，反复进行 10 次；
- b) VUT 然后以 72 km/h 的初速度，全力制动（应使用足够制动力使触发 ABS）到速度为零，反复进行 3 次；
- c) VUT 以 72 km/h 的速度行驶 5 分钟，冷却制动系统；
- d) 两次正式试验间隔至少为 3 分钟；试验过程中，如果 VUT 静止时间大于 15 分钟，则要以 72km/h 的初速度，不小于 7 m/s^2 的平均减速度制动到速度为零，反复进行 3 次来预热制动系统；
- e) 制动系统最后一次预热和正式试验相隔至少 3 分钟。

5 试验方法

5.1 车对车试验方法

5.1.1 基本要求

- a) 如果车辆的最高车速低于 90 km/h，试验必须测试到最高车速，误差为 -2 km/h；
- b) 设定一条直线道路，其中心线作为发生碰撞模拟的轨迹，即测试路径。通过驾驶员的直接输入或采用可调节的替代车辆控制系统，来控制 VUT，以执行相关测试。
- c) 自动变速箱的车辆选择 D 档。手动变速箱的车辆选择最高档位。在不同行驶速度下，发动转速至少为 1000 转/分钟。如果安装了限速装置或巡航控制系统，除非车辆制造商表明这些装置会对 AEB 系统试验结果产生干扰，否则可以使用它们来保持 VUT 的速度。仅在必要时轻微转向，以保持车辆沿测试路径行驶；
- d) 在开始下一次试验之前，确认制动器的温度低于 150°C 。在两次试验之间可以等待制动器冷却，但只允许使用环境空气进行强制冷却；
- e) 在试验间隙，以最高 50 km/h 的速度驾驶 VUT，以避免出现剧烈制动、加速或转弯等情况，除非有必要保持安全的试验环境。

5.1.2 AEB 系统功能试验——HCRs 场景试验

5.1.2.1 试验方法

HCRs 的测试方案是在速度和重叠率上的组合。如图 5-1 所示，在重叠率分别为 0 或 50% 的情况下，VUT 接近处于静止状态的 GVT。VUT 每次测试的行驶速度以 5km/h 的速度递增。

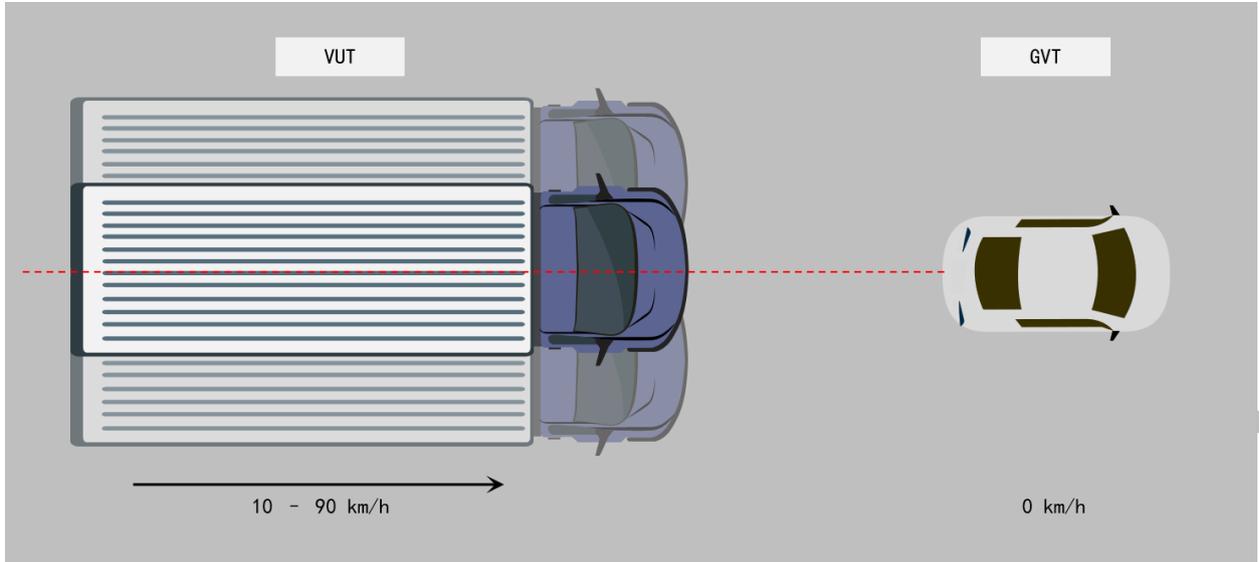


图 5-1 HCRs 试验方案

5.1.2.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 $T_0(4s \text{ TTC})$ 到 $T_{AEB_vehicle}$ 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表

5-1:

表 5-1 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
GVT 速度	$\pm 1.0\text{km/h}$
VUT 在测试路径的横向偏离	$0 \pm [1.0]\text{m}$
GVT 在测试路径的横向偏离	$0 \pm 0.05\text{m}$
VUT 偏航速度	$0 \pm 1.0 \text{ }^\circ/\text{s}$
GVT 偏航速度	$0 \pm 1.0 \text{ }^\circ/\text{s}$
方向盘速度	$0 \pm 15.0 \text{ }^\circ/\text{s}$

5.1.2.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，测试结束：

- $V_{VUT} = 0\text{km/h}$;

—— $V_{VUT} < V_{GVT}$;

——VUT 与 GVT 发生碰撞。

5.1.3 AEB 系统功能试验——HCRm 场景试验

5.1.3.1 试验方法

HCRm 的测试方案是在速度和重叠率上的组合。如图 5-2 所示，在重叠率分别为 0 或 50% 的情况下，VUT 接近以 20 km/h 匀速移动的 GVT。VUT 每次测试的行驶速度以 5 km/h 的速度递增。

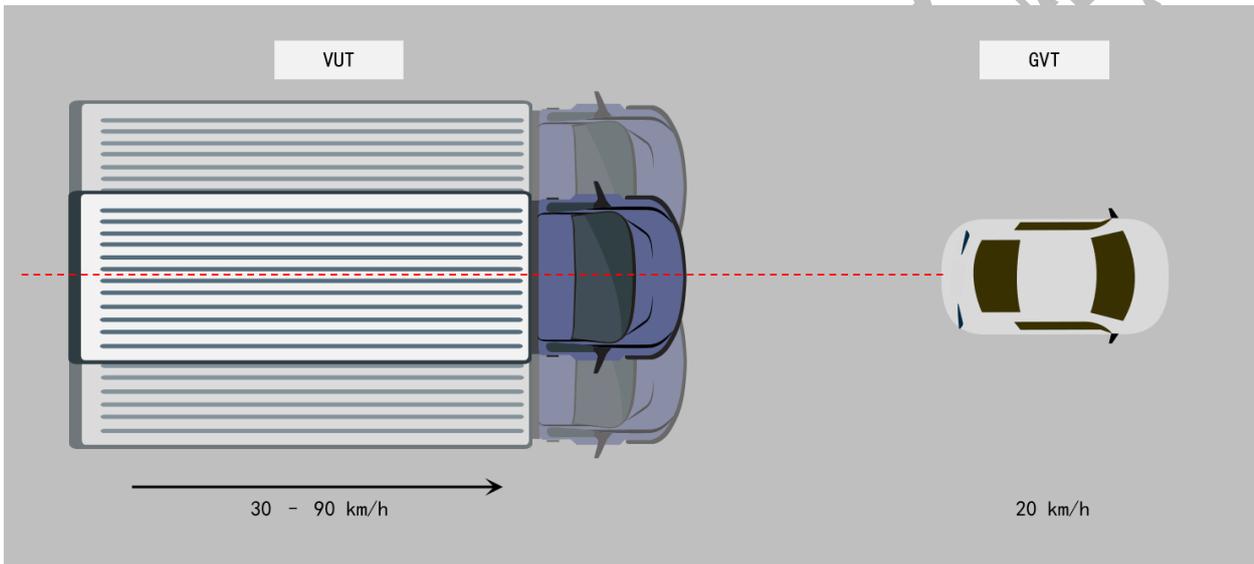


图 5-2 HCRm 试验方案

5.1.3.2 试验有效性要求

- 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- 从 $T_0(4s \text{ TTC})$ 到 $T_{AEB, vehicle}$ 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表

5-2:

表 5-2 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
GVT 速度	± 1.0 km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	$0 \pm [1.0]$ m
GVT 在测试路径的横向偏离	0 ± 0.05 m
VUT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
GVT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
方向盘速度	0 ± 15.0 °/s

5.1.3.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h；
- $V_{VUT} < V_{GVT}$ ；
- VUT 与 GVT 发生碰撞。

5.1.4 AEB 系统功能试验——HCRb 场景试验

5.1.4.1 试验方法

HCRb 的测试方案是在当 GVT 和 VUT 重叠率为 0 时，行驶速度分别为 50 km/h 和 80 km/h，且 GVT 分别以 2m/s^2 和 6m/s^2 进行制动的组合情况下进行。每种测试速度下有两个车间距，如图 5-3 所示，当 VUT 和 GVT 行驶速度为 50 km/h 时，车间距为 12m 和 40m，当 VUT 和 GVT 行驶速度为 80km/h 时，车间距为 30m 和 50m。在测试结束之后，可以测试不同的重叠率，以便进行监测。GVT 的减速度应在 1s 内达到 $(T_0 + 1.0s)$ ，GVT 的速度误差应该保持在 ± 0.5 km/h，直到车辆速度减为 1km/h。

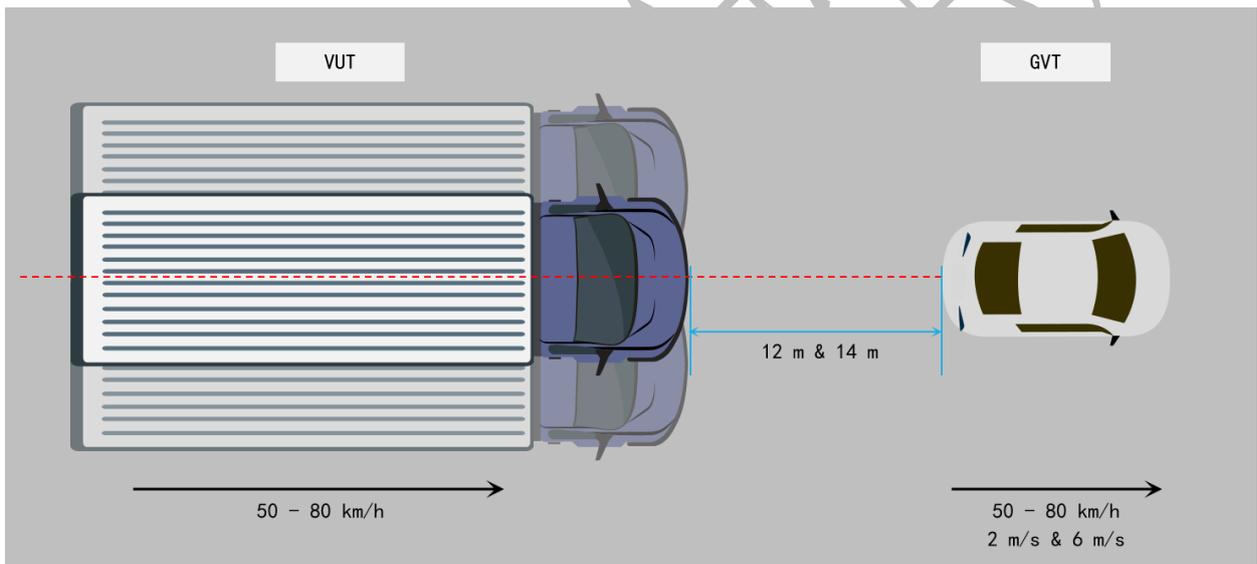


图 5-3 HCRb 测试方案

5.1.4.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 $T_{AEB_vehicle}$ 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-3：

表 5-3 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
GVT 速度	±1.0km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0±[1.0]m
GVT 在测试路径的横向偏离	0±0.05m
VUT 偏航速度	0±1.0 °/s
GVT 偏航速度	0±1.0 °/s
方向盘速度	0±15.0 °/s
GVT 与 VUT 之间的相对距离	12m 或 40m, 30m 或 50m±0.5m

5.1.4.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，测试结束：

- $V_{VUT} = 0 \text{ km/h}$;
- $V_{VUT} < V_{GVT}$;
- VUT 与 GVT 发生碰撞。

5.1.5 AEB 系统功能试验——HTRs 场景试验

5.1.5.1 试验方法

HTRs 的测试方案是在速度和重叠率上的组合。如图 5-4 所示，在重叠率分别为 0 或 50%的情况下，VUT 接近处于静止状态的 GVT。VUT 每次测试的行驶速度以 5 km/h 的速度递增。

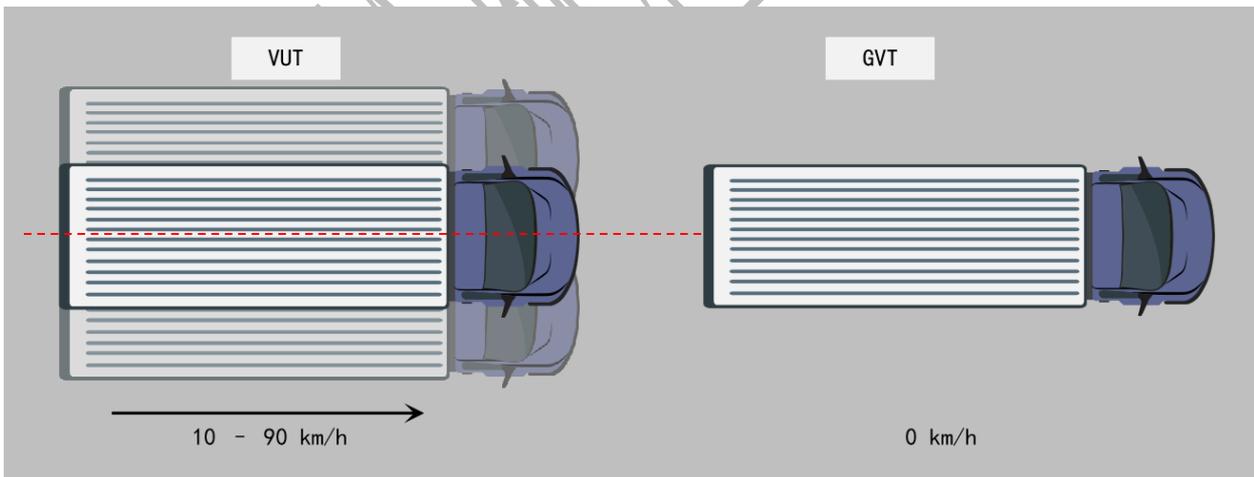


图 5-4 HTRs 试验方案

5.1.5.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；

c) 从 $T_0(4s \text{ TTC})$ 到 $T_{\text{AEB_vehicle}}$ 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-4:

表 5-4 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
卡车速度	$\pm 1.0\text{km/h}$
VUT 在测试路径的横向偏离	$0 \pm [1.0]\text{m}$
卡车在测试路径的横向偏离	$0 \pm 0.05\text{m}$
VUT 偏航速度	$0 \pm 1.0 \text{ }^\circ/\text{s}$
卡车偏航速度	$0 \pm 1.0 \text{ }^\circ/\text{s}$
方向盘速度	$0 \pm 15.0 \text{ }^\circ/\text{s}$

5.1.5.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，测试结束:

- $V_{\text{VUT}} = 0 \text{ km/h}$;
- $V_{\text{VUT}} < V_{\text{GVT}}$;
- VUT 与 GVT 发生碰撞。

5.2 车对 VRU 试验方法

5.2.1 基本要求

- a) 如果车辆的最高车速低于 90 km/h，试验必须测试到最高车速，误差为-2 km/h;
- b) 设定一条直线道路，其中心线作为发生碰撞模拟的轨迹，即测试路径。通过驾驶员的直接输入或采用可调节的替代车辆控制系统，来控制 VUT，以执行相关测试。
- c) 自动变速箱的车辆选择 D 档。手动变速箱的车辆选择最高档位。在不同行驶速度下，发动转速至少为 1000 转/分钟。如果安装了限速装置或巡航控制系统，除非车辆制造商表明这些装置会对 AEB 系统试验结果产生干扰，否则可以使用它们来保持 VUT 的速度。仅在必要时轻微转向，以保持车辆沿测试路径行驶;
- d) 在开始下一次试验之前，确认制动器的温度低于 150°C 。在两次试验之间可以等待制动器冷却，但只允许使用环境空气进行强制冷却;
- e) 在试验间隙，以最高 50 km/h 的速度驾驶 VUT，以避免出现剧烈制动、加速或转弯等情况，除非有必要保持安全的试验环境。

5.2.2 车对行人试验场景

所有测试都将按照表 5-5 所列的速度范围内以 5 km/h 的递增速度进行。

表 5-5 AEB 行人横穿和纵向行走测试配置

HGV-行人试验							
	HPFA-50	HPNA-25	HPNA-75	HPNCO-50	HPLA-25	HPLA-50	HPLA-25
测试类型	AEB						FCW
VUT 测试速度	10-50 km/h				20-60 km/h		50-90 km/h
目标速度	8 km/h	5 km/h					
重叠率	50%	25%	75%	50%	25%	50%	25%
照明条件	正常光照						

5.2.2.1 成人远端横穿 50%工况/HPFA-50

5.2.2.1.1 试验方法

目标假人 APT 行驶路径与主车行驶路径垂直，APT 起始点离 VUT 中心轴线 6 m 处，经过加速段 1.5 m 加速至 8 km/h 并保持匀速移动。主车在 10-50 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 50%处，如图 5-5 中所示的 L 点。

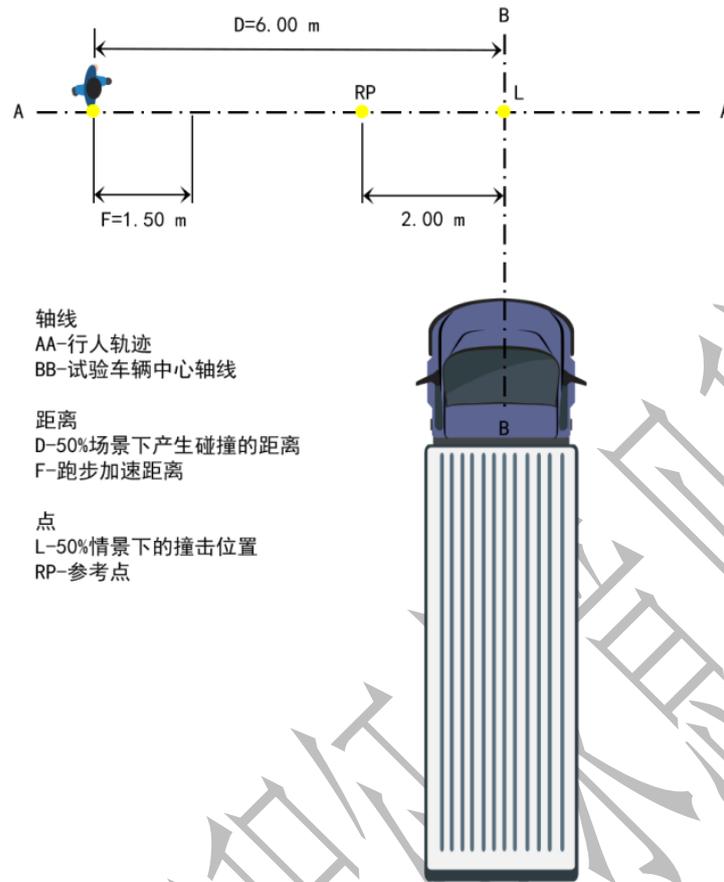


图 5-5 HPFA-50 方案 成人从远处跑来

5.2.2.1.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-6：

表 5-6 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	± 0.2 km/h
BT 速度	± 0.5 km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0 ± 0.1 m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0 ± 0.05 m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0 ± 0.15 m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0 ± 0.15 m/s
VUT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
方向盘速度	0 ± 15.0 °/s

5.2.2.1.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；

- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应($T_{\text{impact_vru}} + 2.0 \text{ s}$)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.2.2 成人近端横穿 25%工况/HPNA-25

5.2.2.2.1 试验方法

目标假人 APT 行驶路径与主车行驶路径垂直，APT 起始点离 VUT 中心轴线 4 m 处，经过加速段 1 m 加速至 5 km/h 并保持匀速移动。主车在 10-50 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 25%处，如图 5-6 中所示的 M 点。

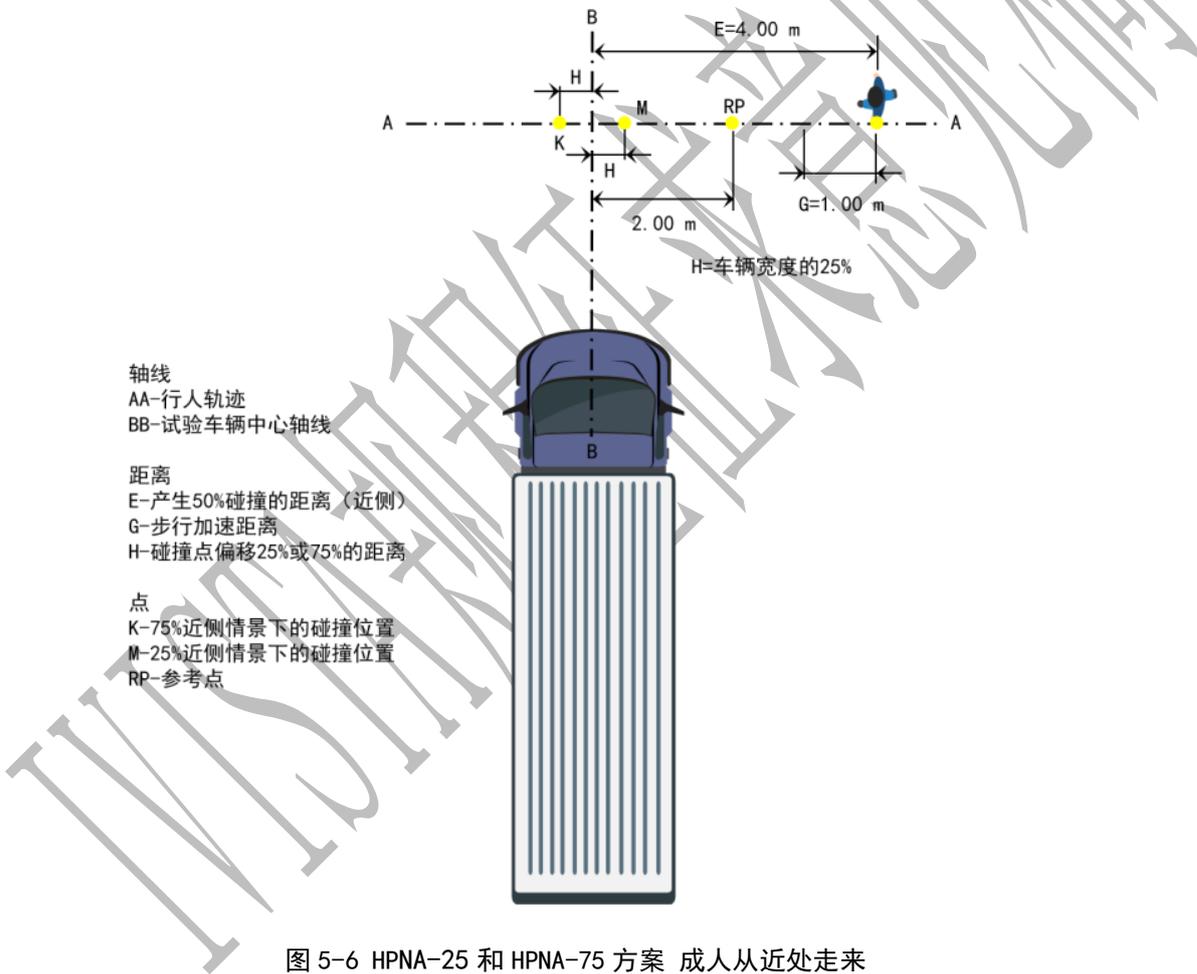


图 5-6 HPNA-25 和 HPNA-75 方案 成人从近处走来

5.2.2.2.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 $T_0(4s \text{ TTC})$ 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-7：

表 5-7 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	±0.2km/h
BT 速度	±0.5km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0±0.1m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0±0.05m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0±0.15m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0±0.15m/s
VUT 偏航速度	0±1.0 °/s
方向盘速度	0±15.0 °/s

5.2.2.2.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应($T_{\text{impact_vru}} + 2.0$ s)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.2.3 成人近端横穿 75%工况/HPNA-75

5.2.2.3.1 试验方法

目标假人 APT 行驶路径与主车行驶路径垂直，APT 起始点离 VUT 中心轴线 4 m 处，经过加速段 1 m 加速至 5 km/h 并保持匀速移动。主车在 10-50 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 75%处，如图 5-5 中所示的 K 点。

对于 HPNA-75 方案，作为先决条件验证的一部分，还要进行以下测试：

- VUT 测试速度为 20 km/h，APT 速度为 3 km/h；
- VUT 测试速度为 10 km/h（或 1 档最低怠速），APT 速度为 5 km/h。

5.2.2.3.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 $T_0(4s \text{ TTC})$ 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-8：

表 5-8 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	±0.2km/h
BT 速度	±0.5km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0±0.1m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0±0.05m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0±0.15m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0±0.15m/s

VUT 偏航速度	$0 \pm 1.0 \text{ } ^\circ/\text{s}$
方向盘速度	$0 \pm 15.0 \text{ } ^\circ/\text{s}$

5.2.2.3.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0 \text{ km/h}$ （横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2 s 后观察 VUT 响应 ($T_{\text{impact_vru}} + 2.0\text{s}$)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.2.4 儿童近端横穿遮挡 50%工况/HPNC0-50

5.2.2.4.1 试验方法

目标假人 CPT 行驶路径与主车行驶路径垂直，CPT 起始点离 VUT 中心轴线 4 m 处，经过加速段 1 m 加速至 5 km/h 并保持匀速移动。主车在 10-50 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 50%处，如图 5-7 中所示的 L 点。

小型障碍车辆应属于小型家用车类别，并放置在最靠近人行道的位罝。小型障碍车辆几何尺寸如表 5-9 所示，颜色应为深色。

表 5-9 小型障碍车辆尺寸

	长度	宽度（不带后视镜）	高度	发动机舱盖长度（至 A 柱）	BLE 高度
最低	4100 mm	1700 mm	1300 mm	1100 mm	650 mm
最高	4400 mm	1900 mm	1500 mm	1500 mm	800 mm

较大障碍车辆应属于小型越野 4X4 车辆，并位于较小障碍车辆后面。较大型障碍车辆的几何尺寸如表 5-10 所示，颜色必须为深色。

表 5-10 小型障碍车辆尺寸

	长度	宽度（不带后视镜）	高度
最低	4300 mm	1750 mm	1500 mm
最高	4700 mm	1900 mm	1800 mm

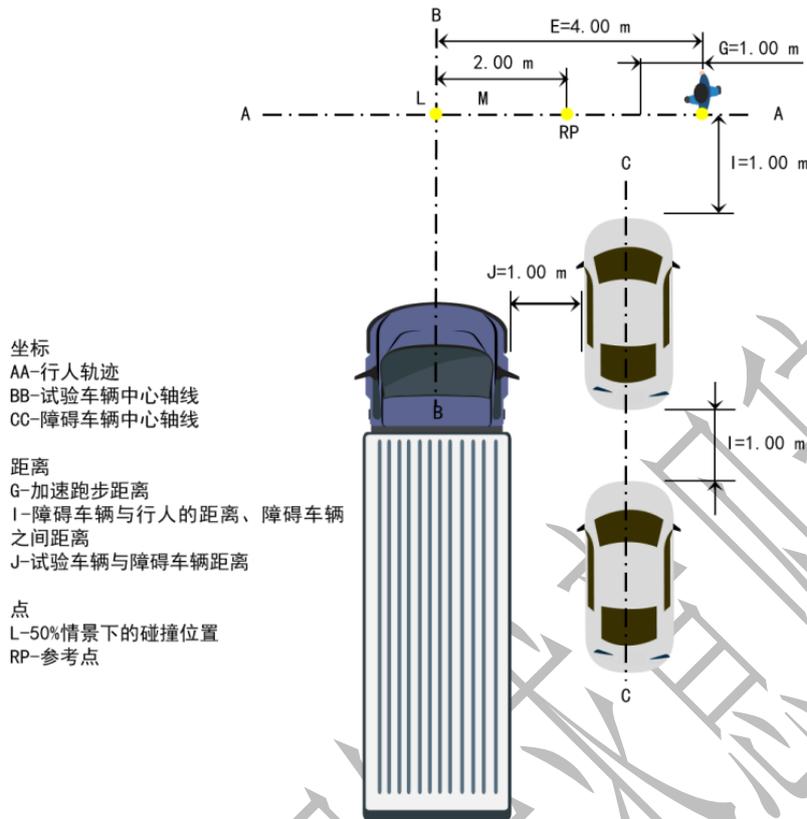


图 5-7 HPNC0-50 方案 儿童从障碍车辆近侧跑过

5.2.2.4.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 $T_0(4s\ TTC)$ 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-11：

表 5-11 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0 km/h
APT 或 CPT 速度	± 0.2 km/h
BT 速度	± 0.5 km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0 ± 0.1 m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0 ± 0.05 m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0 ± 0.15 m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0 ± 0.15 m/s
VUT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
方向盘速度	0 ± 15.0 °/s

5.2.2.4.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；

- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应($T_{\text{impact_vru}} + 2.0 \text{ s}$)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.2.5 成人纵向行走 25%工况/HPLA-25

5.2.2.5.1 试验方法

目标假人 APT 中心线与主车中心线平行，距离主车中心线距离为 25%车辆宽度，目标假人以 5km/h 的速度向前匀速运动。主车在 20—60km/h 范围内，以每次递增 5km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 25%处，如图 5-8 中所示的 M 点。

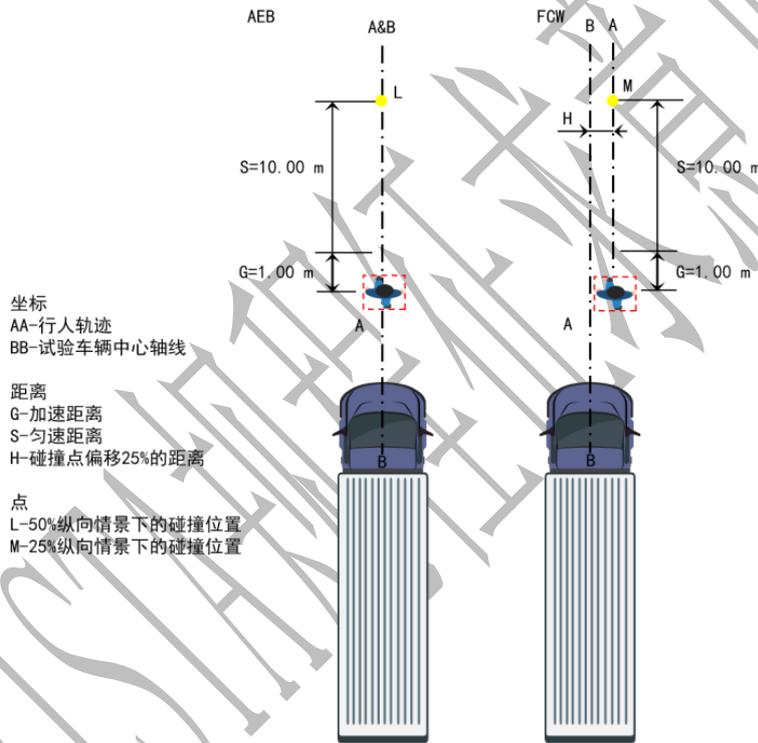


图 5-8 HPLA-25 方案 成人纵向行走

5.2.2.5.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-12：

表 5-12 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	±0.2km/h
BT 速度	±0.5km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0±0.1m

VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0±0.05m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0±0.15m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0±0.15m/s
VUT 偏航速度	0±1.0 °/s
方向盘速度	0±15.0 °/s

5.2.2.5.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应 ($T_{\text{impact_vru}} + 2.0$ s)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

当出现以下情形之一，FCW 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- $T_{FCW} < 1.7$ s，在此之后，可以启动规避动作。

5.2.2.6 成人纵向行走 50%工况/HPLA-50

5.2.2.6.1 试验方法

目标假人 APT 中心线与主车中心线平行，距离主车中心线距离为 50%车辆宽度，目标假人以 5 km/h 的速度向前匀速运动。主车在 20-60 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 50%处，如图 5-8 中所示的 L 点。

5.2.2.6.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-13：

表 5-13 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	±0.2km/h
BT 速度	±0.5km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0±0.1m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0±0.05m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0±0.15m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0±0.15m/s
VUT 偏航速度	0±1.0 °/s
方向盘速度	0±15.0 °/s

5.2.2.6.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应 ($T_{\text{impact_vru}} + 2.0$ s)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.3 车对两轮车试验场景

所有测试都将按照表 5-14 所列的速度范围内以 5km/h 的递增速度进行。

表 5-14 AEB 两轮车横穿和纵向行走测试配置

HGV—两轮车试验				
	HBNA-50	HBLA-25	HBLA-50	HBLA-25
测试类型	AEB			FCW
VUT 测试速度	10-50 km/h	25-60 km/h		50-90 km/h
目标速度	15 km/h			20 km/h
碰撞地点	50%	25%	50%	25%
照明条件	正常光照			

5.2.3.1 成人自行车近端横穿 50%工况/HBNA-50

5.2.3.1.1 试验方法

目标自行车 BT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段加速至 15 km/h 并保持匀速移动，主车在 10-50 km/h 范围内，以每次递增 5km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 50%处，如图 5-8 中所示的 E 点。其中障碍车尺寸参考表 5-9 与表 5-10。

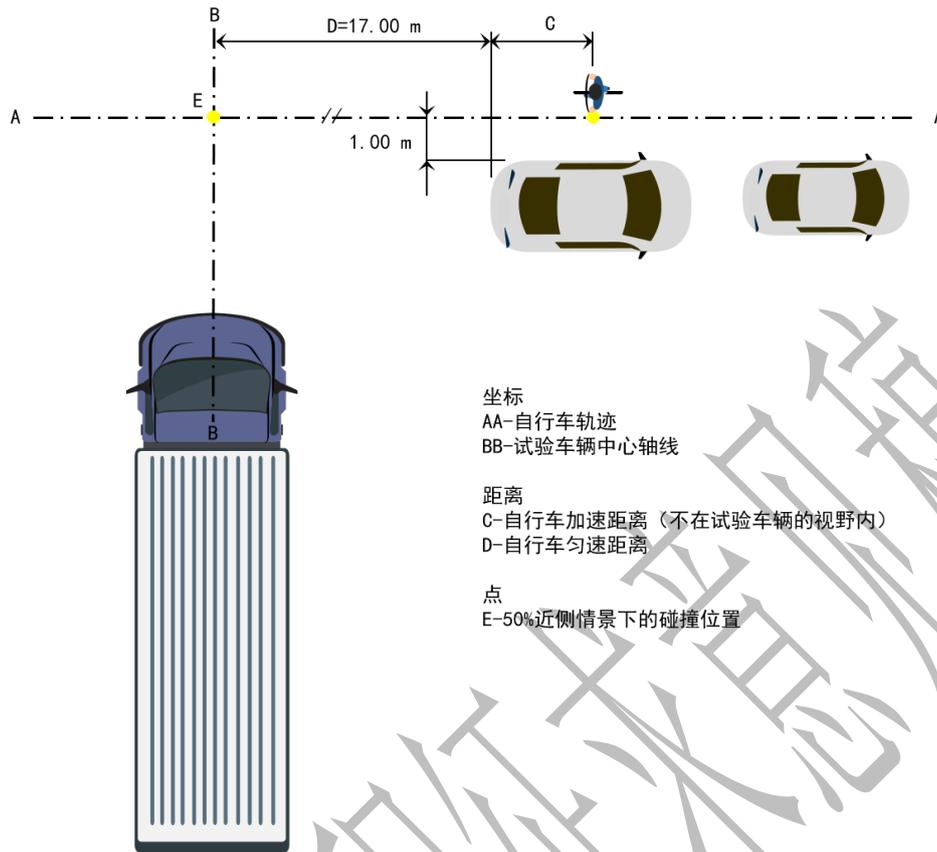


图 5-9 HBNA-50 方案 成人自行车近端横穿

5.2.3.1.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 $T_0(4s\ TTC)$ 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-15：

表 5-15 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0km/h
APT 或 CPT 速度	$\pm 0.2\text{km/h}$
BT 速度	$\pm 0.5\text{km/h}$
VUT 在测试路径的横向偏离	$0 \pm 0.1\text{m}$
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	$0 \pm 0.05\text{m}$
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	$0 \pm 0.15\text{m}$
VRU 在测试路径的横向偏离速度	$0 \pm 0.15\text{m/s}$
VUT 偏航速度	$0 \pm 1.0\text{ }^\circ/\text{s}$
方向盘速度	$0 \pm 15.0\text{ }^\circ/\text{s}$

5.2.3.1.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0 \text{ km/h}$ (横穿) 或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ (纵向) ;
- VUT 与 VRU 发生碰撞, 并且在 2s 后观察 VUT 响应($T_{\text{impact_vrU}} + 2.0 \text{ s}$);
- VRU 已经离开了 VUT 的路径, 或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.3.2 成人自行车骑行者纵向追尾 50%工况/HBLA-50

5.2.3.2.1 试验方法

目标自行车 BT 行驶路径与主车行驶路径重合, 经过加速段加速至 15 km/h 并保持匀速移动, 主车在 25-60 km/h 范围内, 以每次递增 5 km/h 的速度进行试验, 碰撞点位置在车辆宽度 50%处, 如图 5-10 中所示的 U 点。

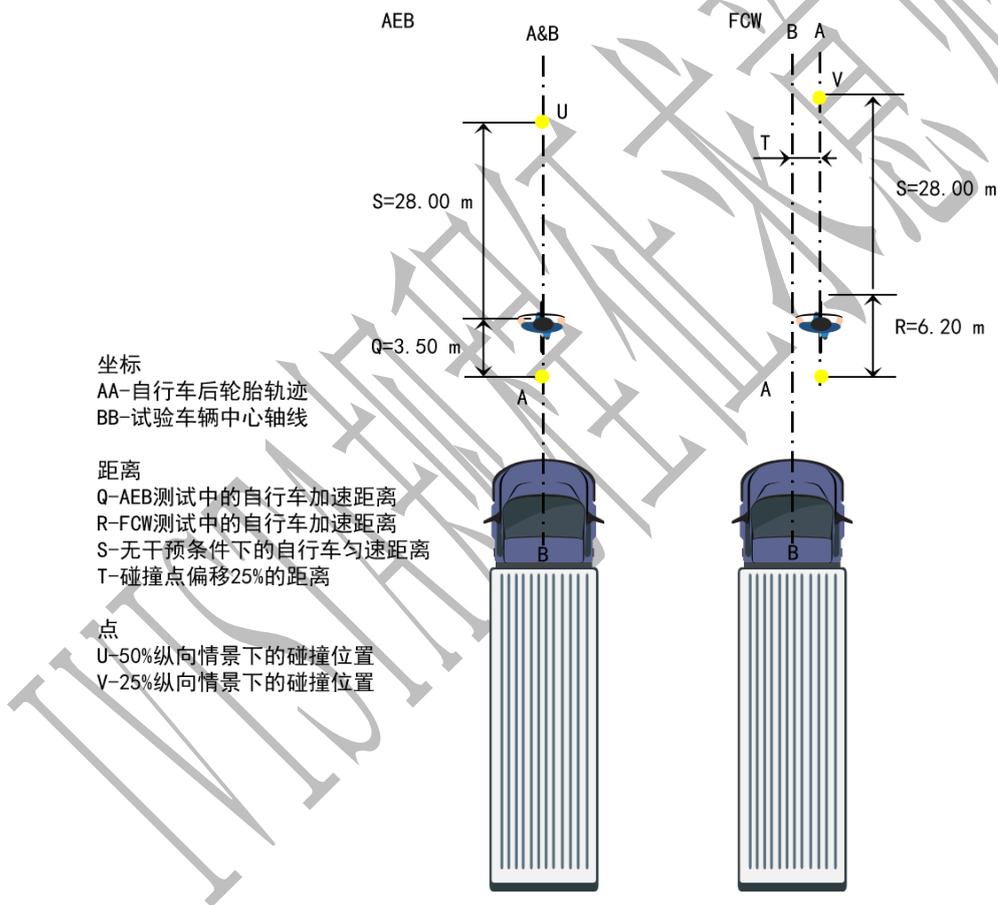


图 5-10 HBLA-50 和 HBLA-25 方案 成人自行车纵向追尾

5.2.3.2.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度;
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外, 不得对自车进行任何控制;
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 T_{AEB} 之间, 所有边界条件或任何其他干预系统都满足时, 测试有效, 如表 5-16:

表 5-16 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0 km/h
APT 或 CPT 速度	± 0.2 km/h
BT 速度	± 0.5 km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0 ± 0.1 m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0 ± 0.05 m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0 ± 0.15 m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0 ± 0.15 m/s
VUT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
方向盘速度	0 ± 15.0 °/s

5.2.3.2.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应 ($T_{\text{impact_vru}} + 2.0$ s)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

5.2.3.3 成人自行车骑行者纵向追尾 25%工况/HBLA-25

5.2.3.3.1 试验方法

目标自行车 BT 行驶路径与主车行驶路径重合，经过加速段加速至 15 km/h 并保持匀速移动，主车在 25-60 km/h 范围内，以每次递增 5 km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在车辆宽度 25%处，如图 5-10 中所示的 V 点。

5.2.3.3.2 试验有效性要求

- a) 测试车辆应在 TTC 大于 4 s 时达到测试要求的速度；
- b) 驾驶员除了对转向控制进行微调以消除漂移以外，不得对自车进行任何控制；
- c) 从 T_0 (4s TTC) 到 T_{AEB} 之间，所有边界条件或任何其他干预系统都满足时，测试有效，如表 5-6：

表 5-17 测试有效性条件

VUT 速度	+1.0 km/h
APT 或 CPT 速度	± 0.2 km/h
BT 速度	± 0.5 km/h
VUT 在测试路径的横向偏离	0 ± 0.1 m
VRU 在测试路径的横向偏离（横穿场景）	0 ± 0.05 m
VRU 在测试路径的横向偏离（纵向场景）	0 ± 0.15 m
VRU 在测试路径的横向偏离速度	0 ± 0.15 m/s
VUT 偏航速度	0 ± 1.0 °/s
方向盘速度	0 ± 15.0 °/s

5.2.3.3 试验结束条件

当出现以下情形之一，AEB 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- VUT 与 VRU 发生碰撞，并且在 2s 后观察 VUT 响应 ($T_{\text{impact_vru}} + 2.0$ s)；
- VRU 已经离开了 VUT 的路径，或者 VUT 已经离开了 VRU 的路径。

当出现以下情形之一，FCW 测试结束：

- $V_{VUT} = 0$ km/h（横穿）或者 $V_{VUT} = V_{VRU}$ （纵向）；
- $T_{FCW} < 1.7$ s，在此之后，可以启动规避动作。

5.3 AEB 干预试验

驾驶员对 AEB 系统的干预实验是在 VUT 和 GVT 重叠率为 0 的 HCRs 场景下展开。测试时，选择一个 VUT 测试速度，在该速度下，AEB 系统所有阶段都可避免与 GVT 发生碰撞。在选定的测试速度下，在 AEB 系统激活 1 s 后，即 $T_{AEB} + 1.0$ s，单独使用下列驾驶员输入，探究其对 AEB 系统的影响，过程中其他控制输入需与正常测试保持一致：

- a) 从当前方向盘位置开始，以 $30^\circ/\text{s}$ 的速度增加，持续 0.5 s，然后保持方向盘角度；
- b) 从当前加速踏板位置开始，以总行程 $30^\circ/\text{s}$ 的速度增加，持续 0.5 s，然后保持踏板位置；
- c) 从当前制动踏板位置开始，以总行程 $30^\circ/\text{s}$ 的速度增加，持续 0.5 s，然后保持踏板位置。

5.4 附加检查试验

5.4.1 目标车路口静止，测试车辆右侧车道左转或左侧车道右转

5.4.1.1 试验方法

车辆以 30 km/h 的速度驶向十字路口，在测试车辆开始向左转向时，通过制动减速至不低于 16 km/h，与迎面而来的车辆发生碰撞的时间 (TTC) 不超过 2.8 s。当测试车辆在交叉路口左转时，速度降低到不低于 10 km/h，然后以恒定速度行驶。当测试车辆和迎面而来的车辆之间的重叠率为 0 时，对迎面而来的车辆的 TTC 不超过 1.7 s。

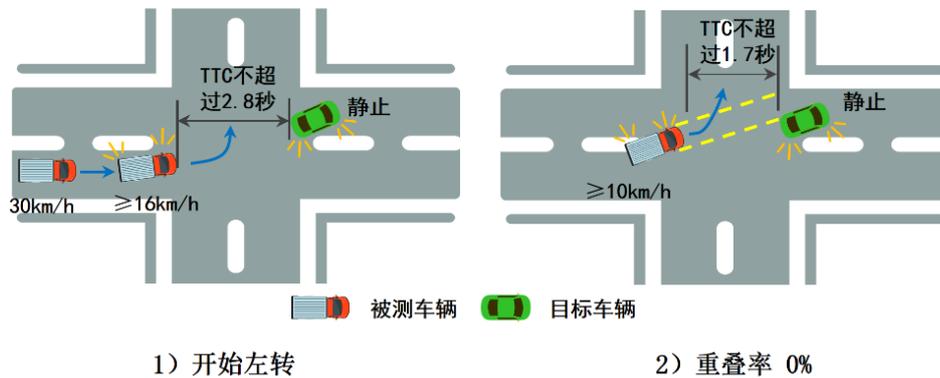


图 5-11 目标车辆路口静止，测试车辆右侧车道左转

5.4.1.2 有效性要求

- a) 目标车辆静止于十字路口；
- b) 测试车辆的速度误差应在 -2 km/h 至 0 km/h 之间。

5.4.2 测试车辆直行，目标车路口左转或右转

5.4.2.1 试验方法

测试车辆前方跟随一辆目标车辆。目标车辆在转弯处向右或向左转弯，而测试车辆则直行。目标车辆和测试车辆都以 40 km/h 的速度在直路上行驶。目标车辆通过刹车减速到 10 km/h （误差为 -2 km/h 至 0 km/h 之间），以便在转弯处向右或向左转弯，而测试车辆也通过刹车减速以与目标车辆保持适当距离。当前车开始右转或左转时，测试车辆的速度不低于 26 km/h ，与前车的 TTC 不超过 4.7 s 。之后，测试车辆减速到不低于 20 km/h 的速度，然后以恒定速度行驶。当测试车辆与目标车辆的重叠率变为 0 时，到前方车辆的 TTC 不超过 2.5 s 。

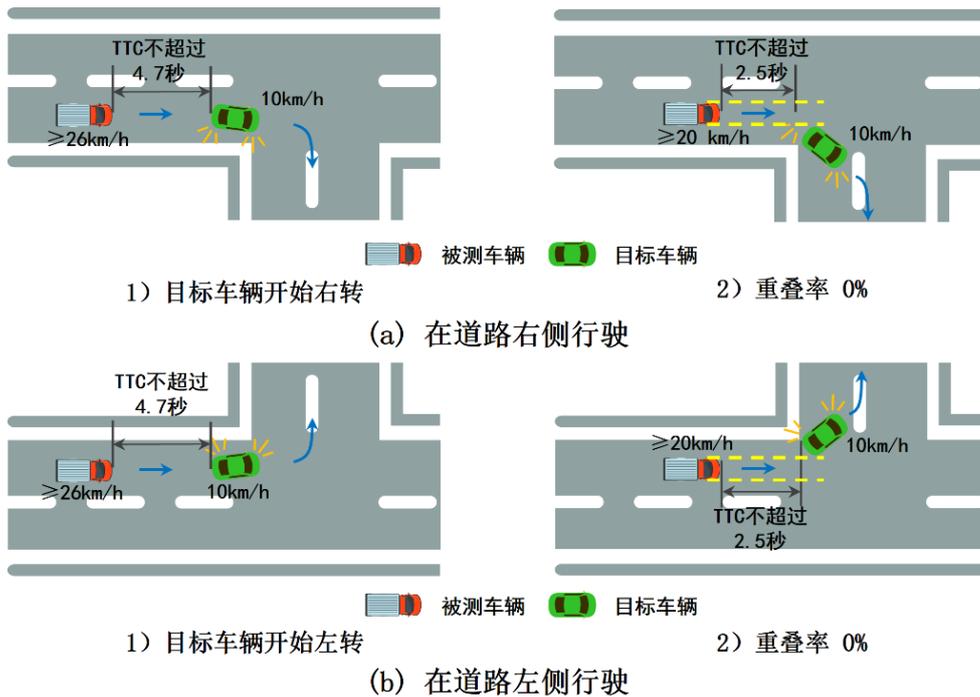


图 5-12 测试车辆直行，目标车辆右转或左转

5.4.2.2 有效性要求

- a) 测试车辆与目标车辆以 40 km/h 的速度同向行驶；
- b) 测试车辆和目标车辆的速度误差应在-2 km/h 至 0 km/h 之间。

5.4.3 测试车辆左或右转弯通过护栏及护栏外静止行人

5.4.3.1 试验方法

测试车辆行驶在一条小半径的弯道上，防护带建在外侧，一辆静止的车辆（M1 类）或是一个静止的行人目标或是一个静止的自行车目标正好位于防护带的外侧和测试车辆车道中心的延伸处。测试车辆以 30 km/h 的速度沿着半径不超过 25 m 的道路外侧的车道行驶，并在测试车辆进入曲线的地方通过制动减速到不低于 22 km/h 的速度。当测试车辆开始在弯道中转弯时，到静止物体的 TTC 不超过 1.6 s。在弯道中，测试车辆在外侧车道行驶，而不是在道路中心。之后，测试车辆继续以不低于 21km/h 的恒定速度在弯道内转弯。当测试车辆与静止车辆之间的重叠率为 0 时，或当测试车辆与静止的行人目标或静止的自行车目标中心的偏移率为-100%时，对静止物体的 TTC 不超过 1.1 s。

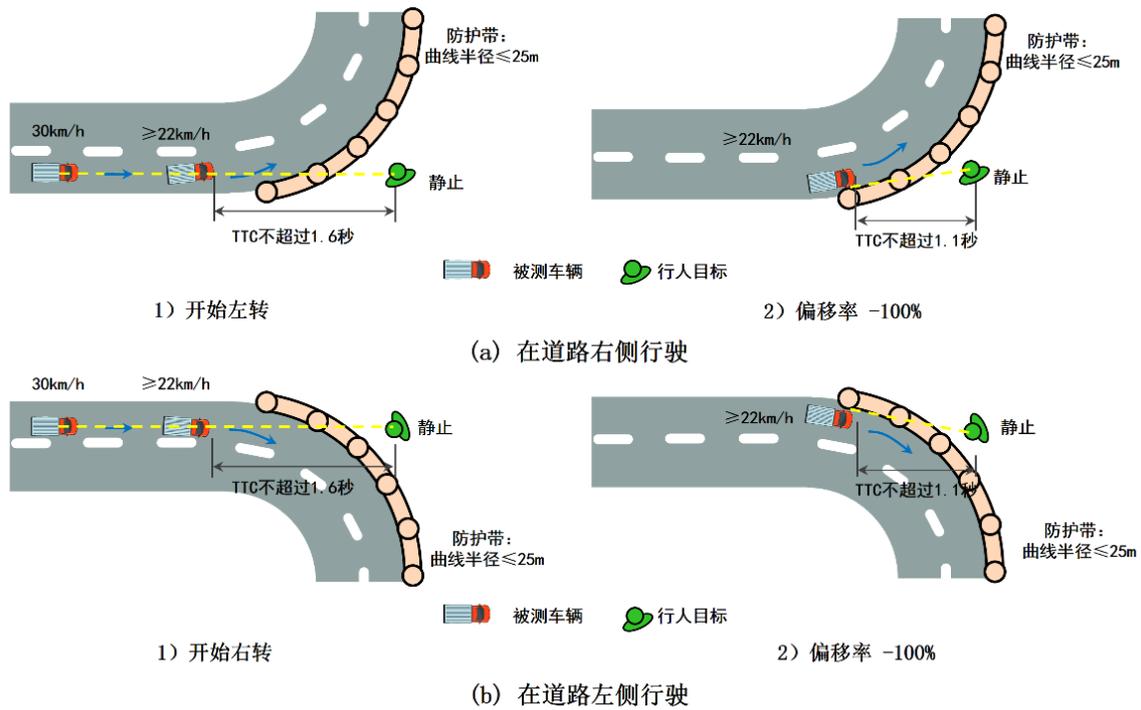


图 5-13 测试车辆左转弯或右转弯通过护栏及护栏外静止行人（假人朝向保持一致）

5.4.2.2 有效性要求

- a) 测试车辆以 30 km/h 的驶入带有防护带弯道；
- b) 弯道半径应不大于 25 m；
- c) 测试车辆的速度误差应在 -2 km/h 至 0 km/h 之间；
- d) 静止行人目标应在护栏外侧。

5.4.4 测试车辆向左或向右换道避开路障

5.4.4.1 试验方法

测试车辆在位于车道中心的标志牌前改变车道，并通知司机车道变窄。测试车辆以 40 km/h 的速度行驶在笔直的道路上，并开始转向，以便在通知车道变窄的标志牌前改变车道。没有其他车辆接近测试车辆。当测试车辆开始转向时，到标志牌的 TTC 不超过 4.2 s。在变道过程中，测试车辆的速度保持不变，当测试车辆与标志牌中心的偏移率为 -100% 时，到标志牌的时间不超过 3.3 s。

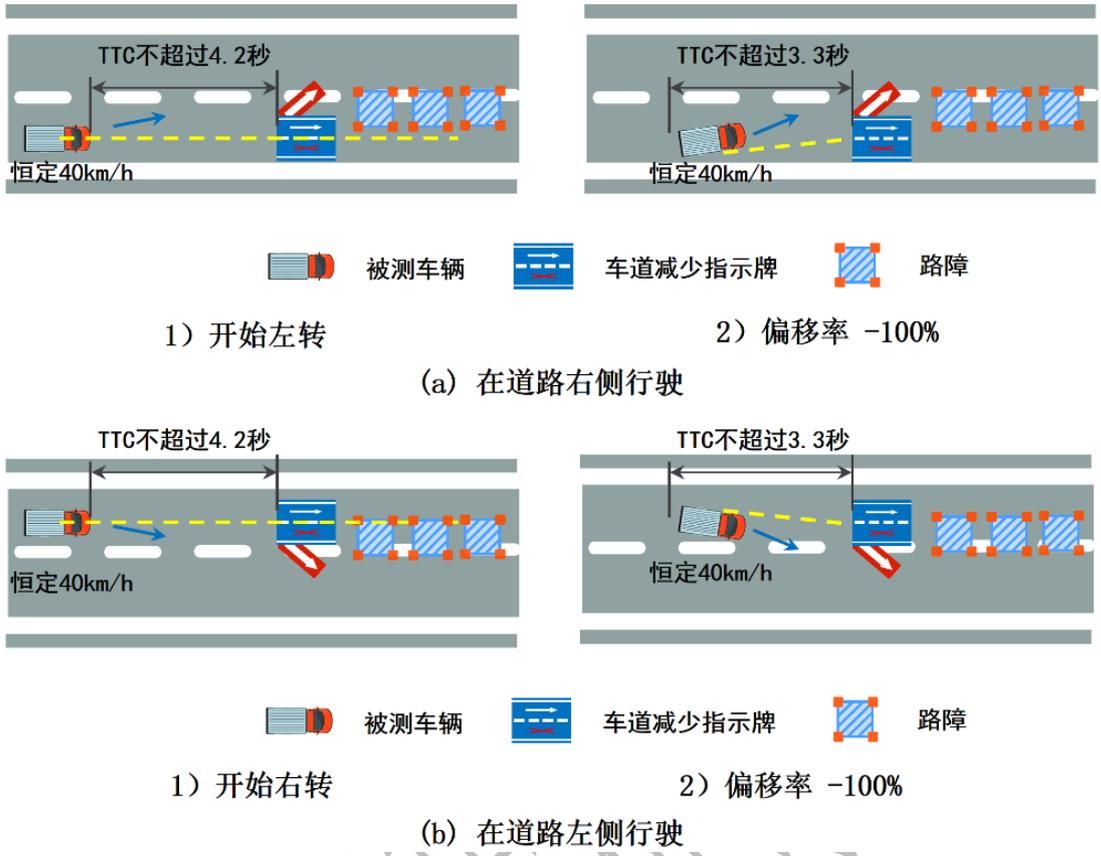


图 5-14 测试车辆向左或向右换道避开路障

5.4.2.2 有效性要求

- a) 测试车辆的速度误差应在-2 km/h 至 0 km/h 之间。

6 实验拍摄

设备安装前，对测试车辆进行左前 45 度拍照，对车辆的铭牌进行拍照。设备安装后，对车内外试验设备进行拍照。

在车辆内部放置音视频记录设备，对整个试验过程进行录像。保证每次录像的清晰度便于后期回查看。