

C-NCAP 管理规则

(2021 年版 修订版)

附录 C

主动安全 ADAS 系统试验方法

中国汽车技术研究中心有限公司

目 录

C.1 术语与定义	2
C.2 车辆坐标系	6
C.3 试验天气要求	6
C.4 VUT 准备工作	7
C.4.1 轮胎状态确认	7
C.4.2 整车状态确认	7
C.4.3 制动系统磨合	7
C.4.4 设备安装及配载	7
C.5 VUT 试验预处理	7
C.5.1 系统功能设置	7
C.5.2 主动机罩系统	8
C.5.3 试验前制动准备	8
C.5.4 试验前轮胎准备	8
C.6 试验场景	8
C.6.1 车辆追尾自动紧急制动系统 (AEB CCR)	8
C.6.2 行人自动紧急制动系统 (AEB VRU_Ped)	16
C.6.3 二轮车自动紧急制动系统 (AEB VRU_TW)	25
C.6.4 车道保持系统 (LKA)	32
C.6.5 可选审核项目 LDW、SAS、BSD C2C、BSD C2TW 测试场景及评价方法	37

附录 C

主动安全 ADAS 系统试验方法

C.1 术语与定义

C.1.1 PBC (Peak Braking Coefficient)

峰值制动力系数。轮胎滚动状态下，轮胎与路面能够产生最大减速度的摩擦系数测量值，按 GB/T 26987-2011 第 6 章规定在干路面上测定；作为替代，也可按 GB 21670-2008 中 5.6.4 的方法测定。

C.1.2 AEB (Autonomous Emergency Braking)

自动紧急制动。车辆在探测到极有可能发生碰撞时所自动施加的制动，用以降低车辆的速度并尽可能地避免碰撞的发生。

C.1.3 DBS (Dynamic Brake Support)

动态制动辅助。当驾驶员已经进行制动操作但仍被检测到有发生碰撞的可能时，该系统将自动调节制动力，进而在相同驾驶员制动输入下达到较正常驾驶状态下更大的车辆减速度。

C.1.4 FCW (Forward Collision Warning)

前向碰撞预警。当系统在探测到极有可能发生碰撞时所自动发出的警告，用以警示驾驶员。

C.1.5 LKA (Lane Keeping Assist,)

车道保持辅助。实时监测车辆与车道线的相对位置，持续或在必要时介入车辆横向运动控制，使车辆保持在原车道内行驶。

C.1.6 LDW (Lane Departure Warning)

车道偏离预警。实时监测车辆在本车道的行驶状态，并在出现非驾驶意愿的车道偏离时发出警告信息。

C.1.7 BSD C2C/C2TW (Blind Spot Detection Car to Car/Car to TW)

盲区监测车对车/车对二轮车。实时监测驾驶员视野盲区，并在其盲区内出现其他道路使用者时发出警告信息。

C.1.8 SAS (Speed Assist System)

速度辅助系统。能够获取道路限速信息并告知驾驶员，根据限速信息进行超速报警并能够主动干预控制车速，使车速保持在允许的最高限速内。

C.1.9 SAS-SLIF (Speed Assist System -Speed Limit Information Function)

速度辅助系统-限速信息功能。能够获取道路限速信息并告知驾驶员，根据限速信息进行超速报警。

C.1.10 SAS-SLF (Speed Assist System -Speed Limitation Function)

速度辅助系统-速度限制功能。能够主动干预控制车速，使车速保持在允许的最高限速内。

C.1.11 VUT (Vehicle Under Test)

试验车辆。装有相关 ADAS 功能系统并将依照本试验规程进行测试的车辆。

C.1.12 GVT (Global Vehicle Target):

目标车辆。本测试规程中所指定使用的目标车辆。

C.1.13 TW (Two Wheeler)

二轮车。

C.1.14 PTA (Pedestrian Target Adult)

成年假人目标物。本测试规程中所指定使用的成年假人目标。

C.1.15 STA (Scooter Target Adult)

踏板式摩托车目标物。本测试规程中所指定使用的踏板式摩托车目标。

C.1.16 BTA (Bicyclist Target Adult)

自行车目标物。本测试规程中所指定使用的自行车目标。

C.1.17 HMI (Human Machine Interface)

人机交互。

C.1.18 TTC (Time To Collision)

保持当前时刻的运动状态，VUT 与 GVT、PTA、STA、BTA 发生碰撞所需的时间。

C.1.19 CCRs (Car to Car Stationary)

GVT 静止，后车与前车追尾的场景。

C.1.20 CCRm (Car to Car Moving)

GVT 匀速慢行，后车与前车追尾的场景。

C.1.21 VRU (Vulnerable Road Users)

弱势道路使用者。

C.1.22 CPFA-50 (Car-to-Pedestrian Farside Adult)

车辆碰撞远端成年行人。在没有采取制动措施的情况下，车辆与远端横穿的成年行人发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 50%处的场景。

C.1.23 CPFA-25 (Car-to- Pedestrian Farside Adult)

车辆碰撞远端成年行人。在没有采取制动措施的情况下，车辆与远端横穿的成年行人发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 25%处的场景。

C.1.24 CPNA-25 (Car-to- Pedestrian Nearside Adult)

车辆碰撞近端成年行人。在没有采取制动措施情况下，车辆与近端横穿的成年行人发生碰撞。且碰撞位置在车辆前端结构的 25%处的场景。

C.1.25 CPNA-75 (Car-to- Pedestrian Nearside Adult)

车辆碰撞近端成年行人。在没有采取制动措施情况下，车辆与近端横穿的成年行人发生碰撞。且碰撞发生在车辆前端结构的 75%处的场景。

C.1.26 CSFA-50 (Car-to- Scooter Farside Adult)

车辆碰撞远端踏板式摩托车。在没有采取制动措施的情况下，车辆与远端横穿的踏板式摩托车发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 50%处的场景。

C.1.27 CBNA-50 (Car-to- Bicyclist Nearside Adult)

车辆碰撞近端自行车。在没有采取制动措施的情况下，车辆与近端横穿的自行车发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 50%处的场景。

C.1.28 CBLA-25 (Car-to-Bicyclist Longitudinal Adult)

车辆碰撞纵向行驶自行车。在没有采取制动措施的情况下，车辆与前方纵向行驶的自行车发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 25%处的场景。

C.1.29 CBLA-50 (Car-to-Bicyclist Longitudinal Adult)

车辆碰撞纵向行驶自行车。在没有采取制动措施的情况下，车辆与前方纵向行驶的自行车发生碰撞，且碰撞位置在车辆前端结构的 50%处的场景。

C.1.30 X_{VUT} , Y_{VUT}

试验过程中，VUT 的实时位置坐标。

C.1.31 X_{GVT} , Y_{GVT}

试验过程中，GVT 的实时位置坐标。

C.1.32 X_{PTA} , Y_{PTA}

试验过程中, PTA 的实时位置坐标。

C.1.33 X_{STA} , Y_{STA}

试验过程中, STA 的实时位置坐标。

C.1.34 X_{BTA} , Y_{BTA}

试验过程中, BTA 的实时位置坐标。

C.1.35 V_{VUT}

试验过程中, VUT 的实时速度。

C.1.36 V_{GVT}

试验过程中, GVT 的实时速度。

C.1.37 V_{PTA}

试验过程中, PTA 的实时速度。

C.1.38 V_{BTA}

试验过程中, BTA 的实时速度。

C.1.39 V_{STA}

试验过程中, STA 的实时速度。

C.1.40 T_{AEB}

AEB 系统触发时刻。其确定方法为, 首先确定已滤波减速度曲线中首个低于 -1m/s^2 的数据点, 而后从此点前推到减速度曲线首次与 -0.3m/s^2 的交点, 此点的时刻即为 T_{AEB} 。

C.1.41 T_{FCW}

FCW 发出报警的时刻, 此时刻是信号采集器检测到 FCW 报警的时刻。

C.1.42 T_{LDW}

LDW 发出报警的时刻, 此时刻是信号采集器检测到 LDW 报警的时刻。

C.1.43 T_{SAS}

SAS 系统发出报警的时刻, 此时刻是信号采集器检测到 SAS 信号的时刻。

C.1.44 T_{BSD}

BSD 系统发出警告的时刻，此时刻是信号采集器检测到 BSD 报警的时刻。

C.1.45 V_{test}

VUT 的测试速度。

C.1.46 V_{impact}

VUT 撞击 GVT/PTA/BTA/STA 时，VUT 的速度。

C.1.47 $V_{\text{rel,test}}$

试验开始时刻，VUT 与 GVT/PTA/BTA/STA 的稳定相对速度。

C.1.48 $V_{\text{rel,impact}}$

发生碰撞后，VUT 撞击 GVT/PTA/BTA/STA 时，两者的相对速度。

C.1.49 T_0

AEB 场景下， T_0 为 $TTC=4s$ 的时刻；LDW/LKA 试验中 T_0 为 VUT 稳态行驶两秒的时刻；SAS 试验中 T_0 为 VUT 距离限速牌 100m 的时刻；BSD C2C/BSD C2TW 试验中，对于超车场景而言 T_0 为试验车辆最后缘与目标车辆最前缘的纵向距离为 33m 的时刻，对于并道场景而言 T_0 为并道动作开始的时刻。

C.1.50 T_{impact}

VUT 与 GVT/PTA/BTA/STA 发生碰撞的时刻。

C.2 车辆坐标系

试验中采用 ISO 8855: 1991 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(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。左舵和右舵试验车辆皆采用此坐标系。

C.3 试验天气要求

C.3.1 天气干燥，没有降水，降雪等情况。

C.3.2 水平方向上的能见度不低于 1km。

C.3.3 风速不大于 10m/s。

C.3.4 对于在自然光条件下进行的试验，整个试验区域内的照明情况一致、光照强度不低于 2000Lux。除由于试验设备所造成的影响，在整个区域内不应有明显的阴影区域。试验不在朝向或背离阳光直射的方向上进行。

C.4 VUT 准备工作

C.4.1 轮胎状态确认

使用与厂家指定轮胎配置(供应商、型号、大小、速度及载荷等级)一致的全新原厂轮胎来进行试验。在确保与厂家指定轮胎配置(供应商、型号、大小、速度及载荷等级)相同的情况下,可以允许换用厂家或厂家指定代理商所提供的替代轮胎。将轮胎充气至厂家推荐的标准冷态气压,此冷态气压至少适用于普通载荷状态。

C.4.2 整车状态确认

C.4.2.1 加注至少 90%油箱容积的燃油。

C.4.2.2 检查全车油水,并在必要时将其加至最高限值。

C.4.2.3 确保试验车辆内已载有备胎(如果有此配置)和随车工具。车内不应再有其他物品。

C.4.2.4 确保已依照厂家推荐的当前载荷状态下的轮胎压力对所有轮胎充气。

C.4.2.5 测量车辆前后轴荷并计算车辆总质量,将此重量视为整车整备质量并记录。

C.4.3 制动系统磨合

试验车辆以 80km/h 为磨合初速度,以 3m/s^2 的减速度制动直至车辆停止,重复此过程 200 次。初始制动温度 $65^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$,每两次制动之间要将温度冷却到 $65^\circ\text{C}\sim 200^\circ\text{C}$ 或行驶 2km。

C.4.4 设备安装及配载

C.4.4.1 安装试验用仪器设备。

C.4.4.2 根据配载质量要求(200kg 扣除试验驾驶员及测试设备质量)对车辆进行配载,安装牢靠。

C.4.4.3 在包含驾驶员的情况下,测量车辆前后轴荷。

C.4.4.4 将其与车辆整备质量做比较。

C.4.4.5 测得的车辆总质量与整备质量+200kg 之间的差距应在 $\pm 1\%$ 间的之内,前后轴荷分布与满油空载车辆轴荷分布之间的差距应小于 5%,如果车辆实际情况不符合此要求,在对车辆性能没有影响的情况下对配载进行调整,并在调整之后确保固定牢靠。

C.4.4.6 重复 C.4.4.3 到 C.4.4.5 直至车辆前后轴荷和总质量可以达到 C.4.4.5 中的要求。仔细调整配载尽可能的接近车辆原厂属性,记录最终轴荷。

C.5 VUT 试验预处理

C.5.1 系统功能设置

将系统功能中驾驶员自定义选项,设置为中间级别或中间级别的更高一级,设置要求如图 C.1 所示。(LDW/LKA 系统测试时,车道居中功能应关闭;SAS 测试时系统功能中驾驶员自定义选项,将超速报警阈值设置为 0km/h)。

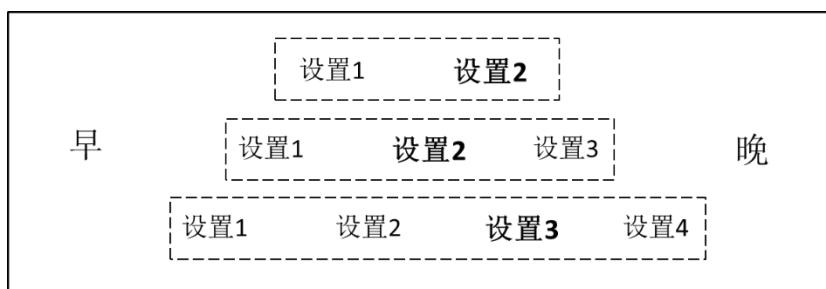


图 C.1 系统功能级别设置

C.5.2 主动机罩系统

当车辆安装有“主动机罩系统”时，试验前关闭此系统。

C.5.3 试验前制动准备

C.5.3.1 在 56km/h 的初速度下、以 0.5g~0.6g 的平均减速度将车辆制动到静止，共进行 10 次。

C.5.3.2 在完成初速度为 56km/h 的系列制动后，立即在 72km/h 的初速度下全力制动使车辆停车，共进行 3 次。

C.5.3.3 在进行 C.5.3.2 规定的制动时，应在制动踏板上施加足够的制动力，使车辆的 ABS 在每次制动过程中的主要阶段都处于工作状态。

C.5.3.4 在完成 C.5.3.2 的最后一次制动后，以 72 km/h 的车速行驶 5 min 对制动器进行冷却。

C.5.3.5 在完成制动准备工作之后的 2h 内开始进行试验。

C.5.4 试验前轮胎准备

C.5.4.1 驾驶试验车辆沿直径为 20 m 的圆环顺时针方向行驶 3 圈，然后按逆时针方向行驶 3 圈；行驶速度应使车辆产生约 0.5g~0.6g 的侧向加速度。

C.5.4.2 采用频率为 1Hz 的正弦转向输入、以 56km/h 的车速进行试验，转向盘转角峰值时应使车辆产生 0.5g~0.6g 的侧向加速度。共进行 4 次试验，每次试验由 10 个正弦循环组成。

C.5.4.3 在进行最后一次试验的最后一个正弦循环时，其转向盘转角幅值是其它循环的两倍。所有的试验之间允许的最长时间间隔为 5min。

C.6 试验场景

C.6.1 车辆追尾自动紧急制动系统（AEB CCR）

C.6.1.1 侧向偏移量

侧向偏移量是指 VUT 车头（或 GVT 车尾）中心位置与规划路径之间的水平距离。VUT 侧向偏移量和 GVT 侧向偏移量如图 C.2 所示。

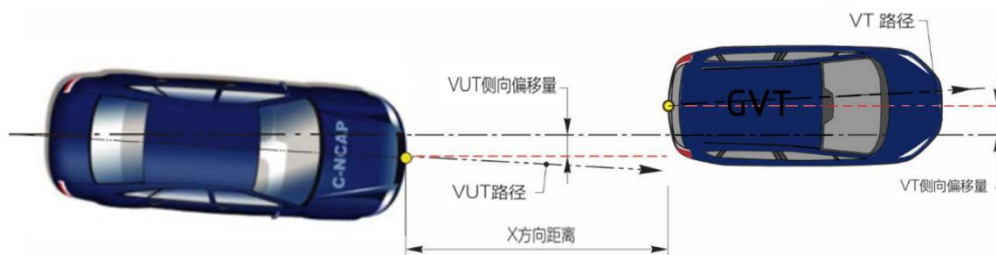


图 C.2 侧向偏移量

C.6.1.2 偏置率

偏置率定义为 VUT 与 GVT 重叠部分占 VUT 的百分比，重叠定义的参考线是 VUT 的中心线，在 100%重叠的情况下，VUT 和 GVT 的中心线对齐，如图 C.3 所示。



图 C.3 偏置率定义

C.6.1.3 试验设备和目标物

C.6.1.3.1 测试设备

C.6.1.3.1.1 测试设备要满足动态数据的采样及储存，采样和存储的频率至少为 100Hz。GVT 及 VUT 之间使用 DGPS 时间进行数据同步。

C.6.1.3.1.2 VUT 和 GVT 在试验过程中数据采集和记录设备的精度至少应满足以下要求。

- a) VUT、GVT 速度精度 0.1km/h;
- b) VUT、GVT 横向和纵向位置精度 0.03m;
- c) VUT、GVT 横摆角速度精度 0.1°/s;
- d) VUT、GVT 纵向加速度精度 0.1m/s²;

e) VUT 方向盘角速度精度 $1.0^{\circ}/s$ 。

C.6.1.3.2 数据滤波

C.6.1.3.2.1 位置和速度采用原始数据，不进行滤波。

C.6.1.3.2.2 加速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz。

C.6.1.3.2.3 横摆角速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz。

C.6.1.3.3 目标车辆要求

C.6.1.3.3.1 GVT 用于替代实际 M1 乘用车（包含视觉、雷达、激光雷达和 PMD 属性）。

C.6.1.3.3.2 对于 GVT 规格的要求，参照标准 ISO19206-3。“津 C ATARC” logo 的标志贴在 GVT 车辆的车牌处，如图 C.4 所示。



图 C.4 C-NCAP GVT 外观图

C.6.1.3.3.3 如果企业认为 GVT 不能满足 VUT 传感器对目标的要求，请直接联系 C-NCAP 管理中心。

C.6.1.4 试验场地要求

C.6.1.4.1 试验路面要求干燥、表面无可见水分、平整、坚实，坡度单一且保持在水平至 1% 之间，峰值附着系数大于 0.9。

C.6.1.4.2 试验路面要求压实并且无可能造成传感器异常工作的不规则物（如大的倾角、裂缝、井盖或是具有反射能力的螺栓等）。车道中心线到道路两侧的宽度不小于 3.0m。试验结束点的前方有至少 30m 的预留道路，如图 C.5 所示。

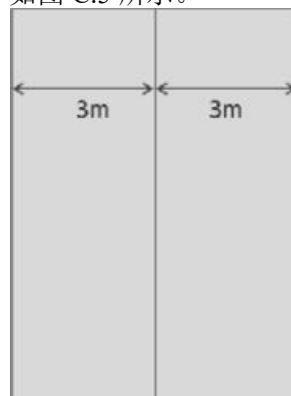


图 C.5 测试区域范围

C.6.1.4.3 试验道路允许有车道标线，但在 AEB 触发及 FCW 报警后的制动区域内，需保证车道标线不与试验轨迹交叉。

C.6.1.5 AEB CCR 系统性能测试场景

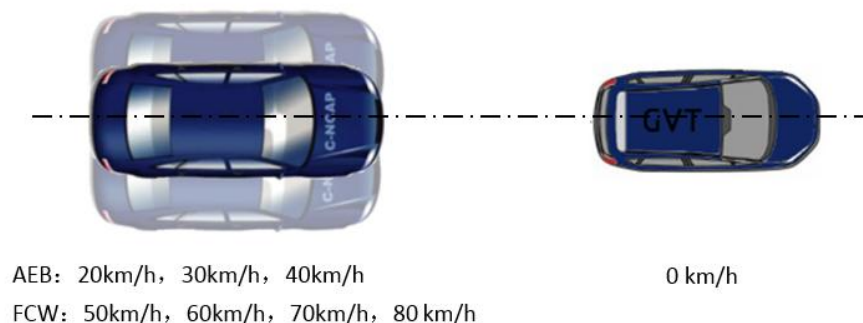


图 C.6: CCRs 前车静止测试场景

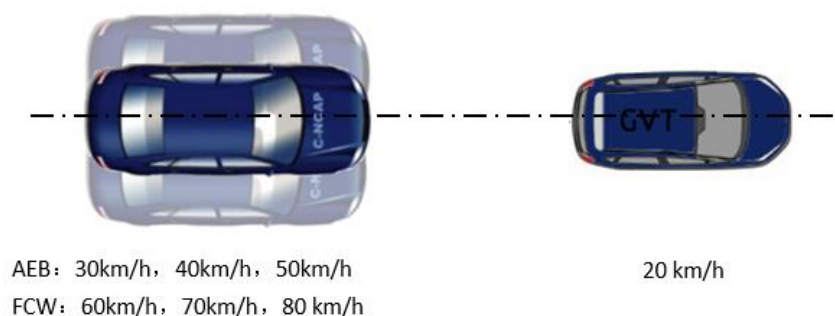


图 C.7 CCRm 前车慢行测试场景

CCR_s: GVT 在 VUT 行驶路径上，VUT 按照规划路径行驶，如图 C.6 所示。VUT 分别以 20km/h、30km/h 和 40km/h 的速度测试 AEB 功能，以 50km/h、60km/h、70km/h 和 80km/h 的速度测试 FCW 功能。

CCR_m: VUT 和 GVT 沿规划路径行驶，如图 C.7 所示。GVT 以 20km/h 的速度匀速行驶，VUT 分别以 30km/h、40km/h 和 50km/h 的速度测试 AEB 功能，以 60km/h、70km/h 和 80km/h 的速度测试 FCW 功能。

C.6.1.6 AEB CCR 测试场景总结

AEB CCR 测试场景的总结如表 C.1 所示。进行 FCW 系统试验时，在 T_{FCW} 之后 1.2s 施加制动。制动特性曲线由厂家提供，200ms 内完成制动行程，最大速率 400mm/s，在非紧急制动情况下，产生的制动减速度在 -4 m/s^2 至 -4.25 m/s^2 范围内。若减速度超过该范围或企业没有提供制动力特性曲线，按照 C.6.1.7.8 中的过程进行施加制动力。

表 C.1 AEB CCR 测试场景

测试场景	测试类型	测试速度 (km/h)	偏置率
CCRs (前车静止)	AEB	20	-50%
		20	100%
		30	+50%
		30	100%
		40	-50%
		40	100%
	FCW	50	+50%
		50	100%
		60	-50%
		60	100%
		70	+50%
		70	100%
CCRm (前车慢行)	AEB	30	+50%
		30	100%
		40	-50%
		40	100%
		50	+50%
		50	100%
	FCW	60	-50%
		60	100%
		70	+50%
		70	100%
		80	-50%
		80	100%

C.6.1.7 试验要求

C.6.1.7.1 挡位选择及车辆控制

自动挡测试车辆选择 D 挡, 手动挡测试车辆将变速器挂至在试验速度下发动机转速至少达到 1500RPM 的最高挡位。可以使用 VUT 上的限速或是巡航装置来保持试验车速, 除非厂家指出这些功能影响 AEB/FCW 系统的工作。在必要时可以通过轻微转动方向盘来保持 VUT 沿规划路径行驶。

C.6.1.7.2 时间间隔

轮胎准备完成后 90s 至 10min 内开始第一次试验, 随后每次试验的结束和下次试验的开始间隔同样为 90s 至 10min, 如果超过 10min, 需再次进行轮胎准备工作。试验间隔内, 除非发生严重影响车辆安全的特殊情况, 否则 VUT 的速度不应超过 50km/h, 且不应进行激烈的加速、减速以及转向操作。

C.6.1.7.3 试验精度

将 VUT 和 GVT（如果需要）加速至所需的试验车速。试验要在 T_0 至 T_{AEB}/T_{FCW} 时间范围内满足以下条件：

- a) V_{VUT} (GPS 速度)：测试车速 $\pm 1.0\text{km/h}$ ；
- b) V_{GVT} (GPS 速度)：测试车速 $\pm 1.0\text{km/h}$ ；
- c) 侧向偏移量： $0\pm 0.1\text{ m}$ ；
- d) 横摆角速度： $0\pm 1.0^\circ/\text{s}$ ；
- e) 方向盘转角速度： $0\pm 15.0^\circ/\text{s}$ 。

C.6.1.7.4 单次试验结束条件

以下条件之一发生时，试验结束：

- a) $V_{VUT}=0\text{km/h}$ ；
- b) $V_{VUT}<V_{GVT}$ ，并且本次试验没有碰撞的可能；
- c) VUT 与 GVT 之间发生接触。

C.6.1.7.5 测试场景结束条件

如果 VUT 的速度减少量 $<5\text{km/h}$ 或 $V_{\text{impact}}>50\text{km/h}$ ，终止本测试场景试验。

C.6.1.7.6 注意事项

对于手动或自动油门控制，需要确保系统在自动紧急制动过程中，油门踏板不会导致对自动紧急制动作用的接管，当 AEB 系统使试验车辆初始速度降低 5km/h 时，释放加速踏板。试验中不得有其他驾驶控制操作，例如控制离合器或制动踏板等。

C.6.1.7.7 AEB 系统试验有效性判断方法

C.6.1.7.7.1 如企业未提交预估结果，则每个试验点只开展一次试验。

C.6.1.7.7.2 如企业提交预估结果，则 C-NCAP 管理中心依据预估结果及现场试验情况判定试验最后结果。

C.6.1.7.7.3 C-NCAP 按下面的流程判断试验结果：

C.6.1.7.7.3.1 开展第一次试验，如第一次试验结果与预估结果之间无差异^a，则以此试验结果为最终试验结果，如与预估结果之间有差异^b，则进行第二次试验。

注：a：无差异：试验结果与预估结果之间、试验结果之间速度差异 $\leq 5\text{km/h}$ 或报警时间要求与预估结果相同；

b：有差异：试验结果与预估结果之间、试验结果之间速度差异 $>5\text{km/h}$ 或报警时间要求与预估结果不同。

C.6.1.7.7.3.2 开展第二次试验，如此次试验结果与预估结果之间无差异，则取第二次试验为最终结果；如第二次试验结果与预估结果之间有差异但与第一次试验结果之间无差异，则取第

一次和第二次试验结果的平均值为最终结果；否则，进行第三次试验。

C.6.1.7.7.3.3 开展第三次试验，如三次试验结果中有两项无差异，则取此两项结果平均值为最终结果；如三次试验结果皆有差异，则中止试验并在分析原因后重新试验。

C.6.1.7.7.3.4 单次试验最终结果与预估结果有差异计为单次无效，累计 5 次无效后将不再继续使用预估结果，后续试验只进行单次试验。

C.6.1.7.7.4 试验有效性判定流程如图 C.8 所示：

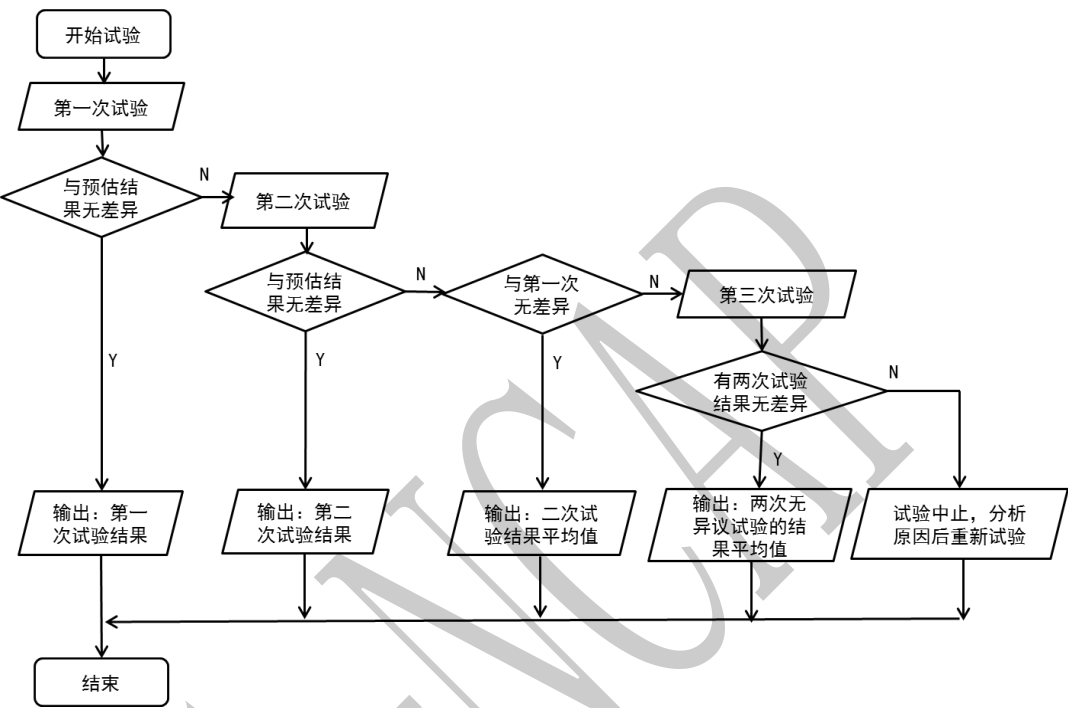


图 C.8 试验有效性判定流程

C.6.1.7.8 FCW 制动施加方法

制动特性曲线是用来确定达到某一车辆减速度（普通驾驶员在应对日常紧急状况的典型车辆减速度）时所需的制动踏板位移及踏板力。

C.6.1.7.8.1 定义

T_{BRAKE} —— 制动踏板位移首次达到 5mm 的时刻；

$T_{-6\text{m/s}^2}$ —— 纵向加速度首次小于 -6m/s^2 的时刻；

$T_{-2\text{m/s}^2}$, $T_{-4\text{m/s}^2}$ 定义同 $T_{-6\text{m/s}^2}$ 。

C.6.1.7.8.2 制动特性曲线标定

首先依照本规程 C.5.3 和 C.5.4 中所述进行制动磨合和轮胎预处理，且在预处理结束后 10min 以内开始进行标定。

C.6.1.7.8.3 标定过程

C.6.1.7.8.3.1 对制动踏板进行全行程触动而后释放。

C.6.1.7.8.3.2 将 VUT 加速至 85km/h 以上，自动挡选择 D 挡，手动挡选择在 85km/h 时转速不低于 1500RPM 的最高挡位。

C.6.1.7.8.3.3 松开加速踏板使车辆滑行，在 (80 ± 1.0) km/h 时以 (20 ± 5) mm/s 行程速率施加制动，直至车辆纵向加速度达到 -7m/s^2 。针对手动挡车辆，在发动机转速低于 1500RPM 时踩下离合器，车辆达到 -7m/s^2 时试验结束。

C.6.1.7.8.3.4 进行 3 次上述试验，每次试验时间间隔为 90s 至 10min，如果时间超过 10min，需要重新进行制动磨合和轮胎预处理后，再继续标定。

C.6.1.7.8.3.5 利用上面 3 次重复试验的结果，在 $T_{-2\text{m/s}^2}$ 到 $T_{-6\text{m/s}^2}$ 范围内使用二阶曲线拟合和最小二乘法计算出 $T_{-4\text{m/s}^2}$ 时的踏板行程，该行程为 D4。

C.6.1.7.8.3.6 利用上面 3 次重复试验的结果，在 $T_{-2\text{m/s}^2}$ 到 $T_{-6\text{m/s}^2}$ 范围内使用二阶曲线拟合和最小二乘法计算出 $T_{-4\text{m/s}^2}$ 时的制动力，该制动力为 F4。

C.6.1.7.8.4 F4 确认方法

C.6.1.7.8.4.1 将 VUT 加速至 85km/h 以上，自动挡选择 D 挡，手动挡选择在 85km/h 时转速不低于 1500RPM 的最高挡位。

C.6.1.7.8.4.2 根据 C.6.1.7.8.3 中步骤施加制动力，计算 $T_{\text{BRAKE}} + 1\text{s}$ 到 $T_{\text{BRAKE}} + 3\text{s}$ 的平均加速度，如果加速度超出了 -4m/s^2 至 -4.25m/s^2 范围，对制动力进行适当调整，如果连续三次试验，制动加速度都满足该范围要求，则确认该制动力为最终 F4。确认试验时间间隔为 90s 至 10min，如果超过了 10min，需重新进行制动磨合和轮胎预处理。

C.6.1.7.8.5 制动特性曲线施加方法

C.6.1.7.8.5.1 FCW 试验过程中， $T_{\text{FCW}} + 1\text{s}$ 时刻释放加速踏板。

C.6.1.7.8.5.2 在 $T_{\text{FCW}} + 1.2\text{s}$ 时刻，以 $5 \times D4\text{mm/s}$ 和 400mm/s 之间的较小值作为制动踏板速率。

C.6.1.7.8.5.3 在上述动作过程中，使用 $(20 \sim 100)\text{Hz}$ 的二阶带通滤波器对踏板力进行滤波并采集。

C.6.1.7.8.5.4 当以下任一条件先满足时，切换为目标为 F4 的制动力控制，该时刻记为 T_{switch} 。

- a) 制动踏板的行程达到 C.6.1.7.8.3.5 中定义的 D4；
- b) 制动踏板的制动力达到 C.6.1.7.8.3.6 中定义的 F4。

C.6.1.7.8.5.5 制动力最迟应在 $T_{\text{switch}} + 0.2\text{s}$ 前达到稳定，且保持在 $(1 \pm 25\%) \times F4$ 的范围内。期间，允许 AEB 的介入而引起制动力超出该范围，但持续时间应小于 200ms。

C.6.1.7.8.5.6 从 $T_{\text{FCW}} + 1.4\text{s}$ 直至试验结束的整个过程中，制动力平均值应在 $F4 \pm 10\text{N}$ 的范围内。

C.6.2 行人自动紧急制动系统（AEB VRU_Ped）

C.6.2.1 侧向偏移量

侧向偏移量是指车头中心位置与规划路径之间的水平距离。VUT 侧向偏移量如图 C.9 所示。

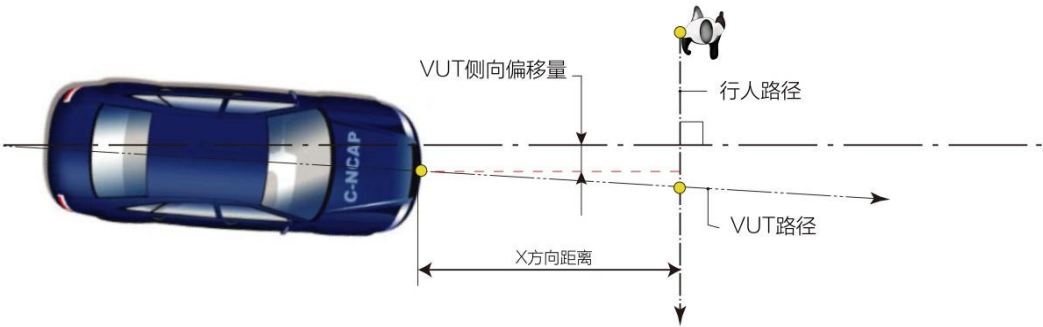


图 C.9 侧向偏移量

C.6.2.2 碰撞位置确定

围绕 VUT 的车头外廓确定一条虚拟轮廓线。在车宽每侧减去 50mm 之后，将七个点平均分配在剩余宽度上，用直线连接即为虚拟轮廓线，如图 C.10 所示。

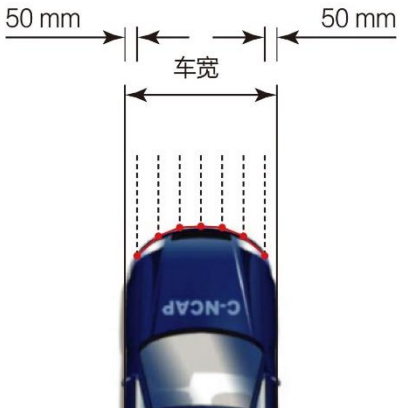


图 C.10 VUT 车头虚拟轮廓线

企业需提交 VUT 虚拟轮廓线信息（A,B,C 值）并由 C-NCAP 管理中心试验室进行确认，如图 C.11 所示。

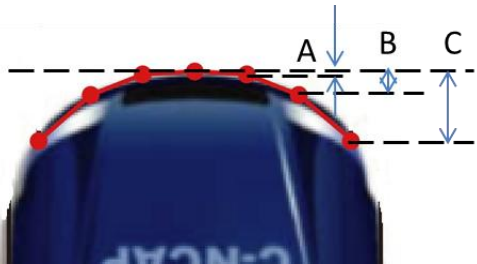


图 C.11 虚拟边框位置图

在 PTA 的周围定义一个虚拟的矩形框,如图 C.12 所示,图中 H 点高度为 (923 ± 20) mm。
在 VUT 的虚拟轮廓线与 PTA 的虚拟框接触时,判定碰撞发生,如图 C.13 所示。

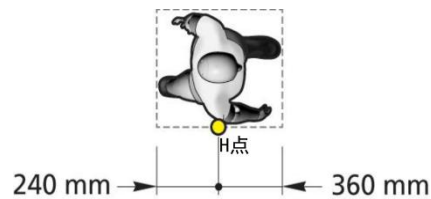


图 C.12 PTA 虚拟边框的大小



图 C.13 PTA 与 VUT 碰撞发生确认

C.6.2.3 测试设备和假人目标物

C.6.2.3.1 测试设备

C.6.2.3.1.1 测试设备要满足动态数据的采样及储存,采样和存储的频率至少为 100Hz。PTA 及 VUT 之间使用 DGPS 时间进行数据同步。

C.6.2.3.1.2 VUT 和 PTA 在试验过程中数据采集和记录设备的精度至少应满足以下要求:

- a) VUT 速度精度 0.1km/h;
- b) PTA 速度精度 0.01km/h;
- c) VUT 横向和纵向位置精度 0.03m;
- d) PTA 横向位置精度 0.03m;
- e) VUT 横摆角速度精度 $0.1^{\circ}/s$;
- f) VUT 纵向加速度精度 $0.1m/s^2$;
- g) VUT 方向盘角速度 $1.0^{\circ}/s$ 。

C.6.2.3.2 数据滤波

C.6.2.3.2.1 位置和速度采用原始数据,不进行滤波。

C.6.2.3.2.2 加速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤,截止频率为 10Hz。

C.6.2.3.2.3 横摆角速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤,截止频率为 10Hz。

C.6.2.3.3 目标假人

C.6.2.3.3.1 PTA 用于代替行人（包含视觉、雷达、激光雷达和 PMD 属性）。

C.6.2.3.3.2 对于 PTA 的具体要求，参照标准 ISO19206-2。

C.6.2.3.3.3 PTA 选用摆动腿行人目标。图 C.14 是摆动腿行人目标示意图。



图 C.14 C-NCAP PTA 外观图

如果企业认为 PTA 不能满足 VUT 传感器对目标的要求,请直接联系 C-NCAP 管理中心。

C.6.2.4 试验场地要求

C.6.2.4.1 试验路面要求干燥、表面无可见水分、平整、坚实，坡度单一且保持在水平至 1% 之间，峰值附着系数大于 0.9。

C.6.2.4.2 在距离试验路径中心线驾驶员侧、乘员侧一定的距离范围内（见表 C.2），试验结束点前方 30m 的试验区域内不应有可能引发传感器异常工作的其他车辆、高速公路设施、障碍物、人或是其他突出物，如图 C.15 所示。

表 C.2 试验路径中心线距驾驶员侧、乘员侧的距离

场景	驾驶员侧	乘员侧
CPFA-50	6m	4 m
CPFA-25	6m	4 m
CPNA-25	4 m	4 m
CPNA-75	4 m	4m
CPLA-50	6m	6m
CPLA-25	6m	6m

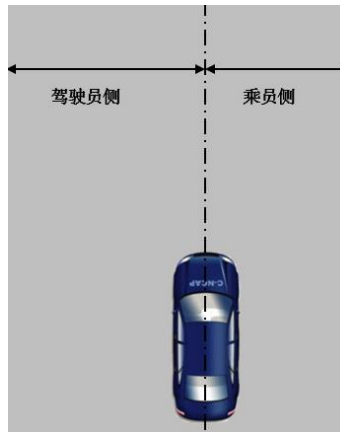


图 C.15 测试区域范围

C.6.2.4.3 试验道路允许有车道标线，但在 AEB 触发及 FCW 报警后的制动区域内，需保证车道标线不与试验轨迹交叉。

C.6.2.5 AEB VRU_Ped 系统性能测试场景

AEB VRU_Ped 系统测试场景包括 CPFA-25、CPFA-50、CPNA-25、CPNA-75、CPLA-50 和 CPLA-25 六个场景，如图 C.16)、图 C.17) 和图 C.18) 所示。

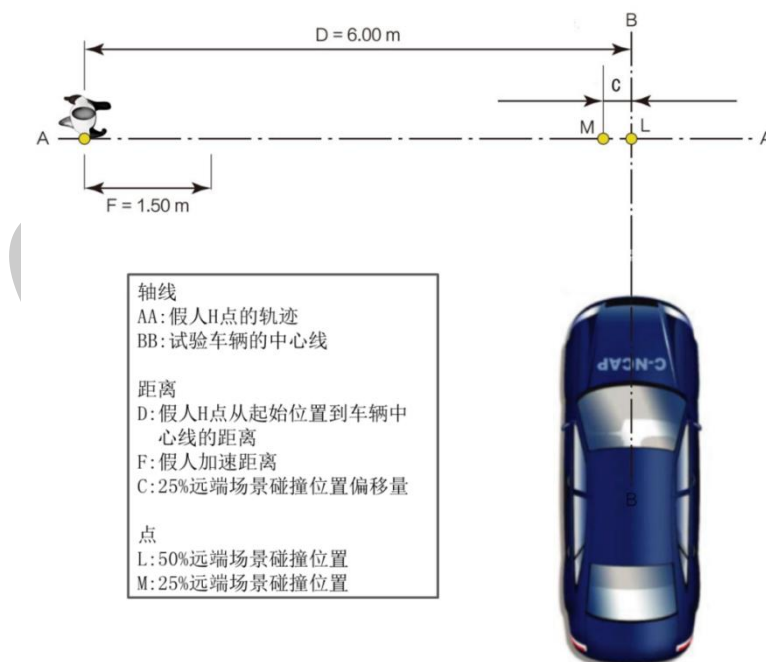


图 C.16 远端场景示意图(CPFA-25、CPFA-50)

远端场景下，行人以 6.5km/h 的速度以与车辆行驶方向垂直的方向移动。VUT 分别以 20km/h, 30km/h, 40km/h, 50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 25%和 50%处，对应图 C.16 中的“M”和“L”点。

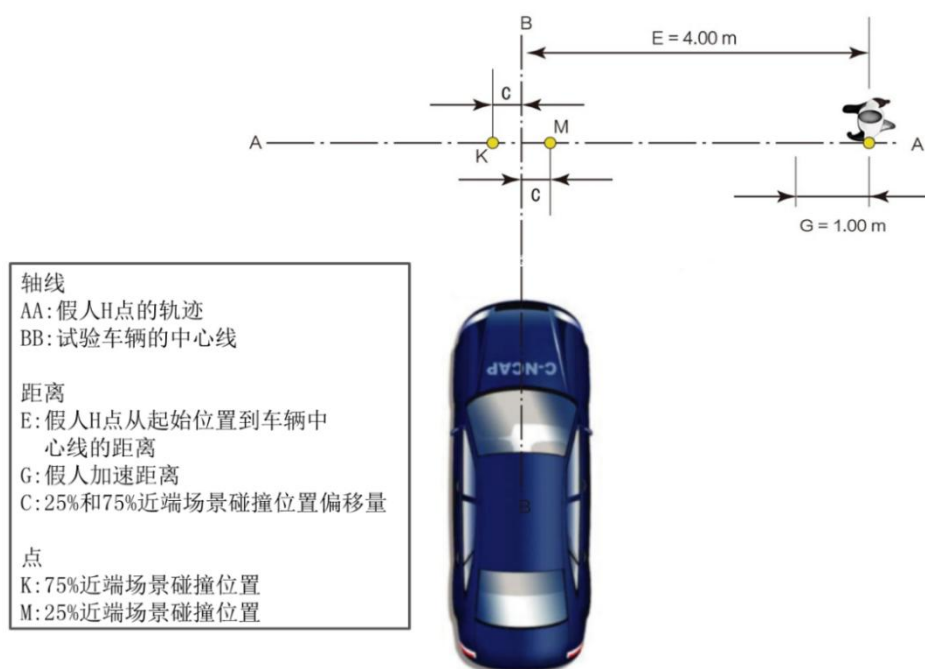


图 C.17 近端场景示意图(CPNA-25、CPNA-75)

近端场景下，行人以 5km/h 的速度以与车辆行驶方向垂直的方向移动。VUT 分别以 20km/h, 30km/h, 40km/h, 50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 25%和 75%处，对应图 C.17 中的“M”和“K”点。

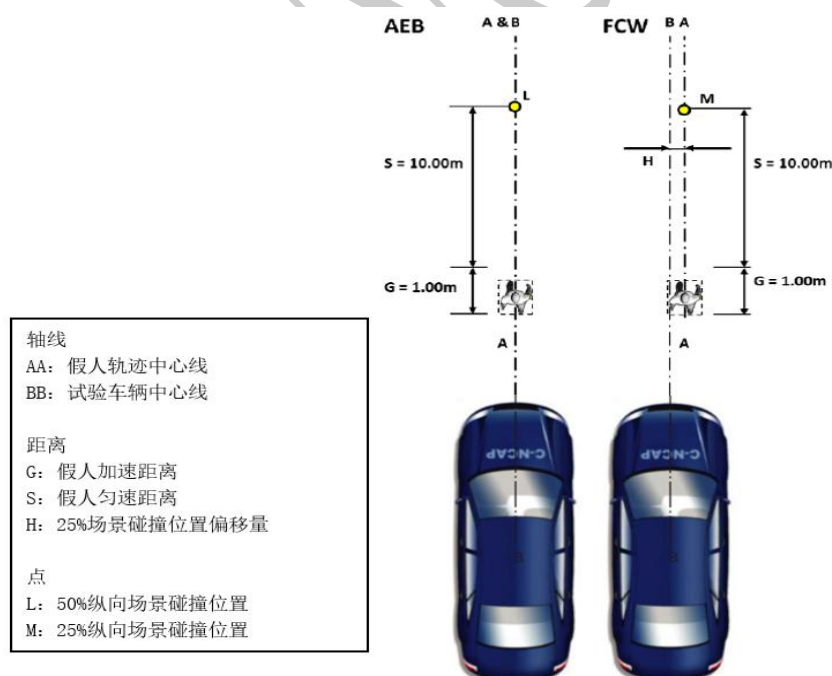


图 C.18 纵向场景示意图(CPLA-50、CPLA-25)

纵向场景下，行人以 5km/h 的速度以与车辆行驶方向相同的方向移动。VUT 分别以 20km/h, 30km/h, 40km/h, 50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 50%处，对应图 C.18 中的“L”点。

纵向场景下，行人以 5km/h 的速度以与车辆行驶方向相同的方向移动。VUT 分别以 50km/h, 60km/h, 70km/h 和 80km/h 的速度测试。碰撞位置在 25%处，对应图 C.18 中的“M”点。

C.6.2.6 AEB VRU_Ped 系统性能夜间测试条件

C.6.2.6.1 背景光照强度

应选取在车辆行驶轨迹与行人移动轨迹交叉点测量背景光照强度的数值，且在测量背景光照强度时，所有的灯具（包括车灯）应关闭。背景光照强度应满足: $I_{EB} < 1\text{lux}$ 。

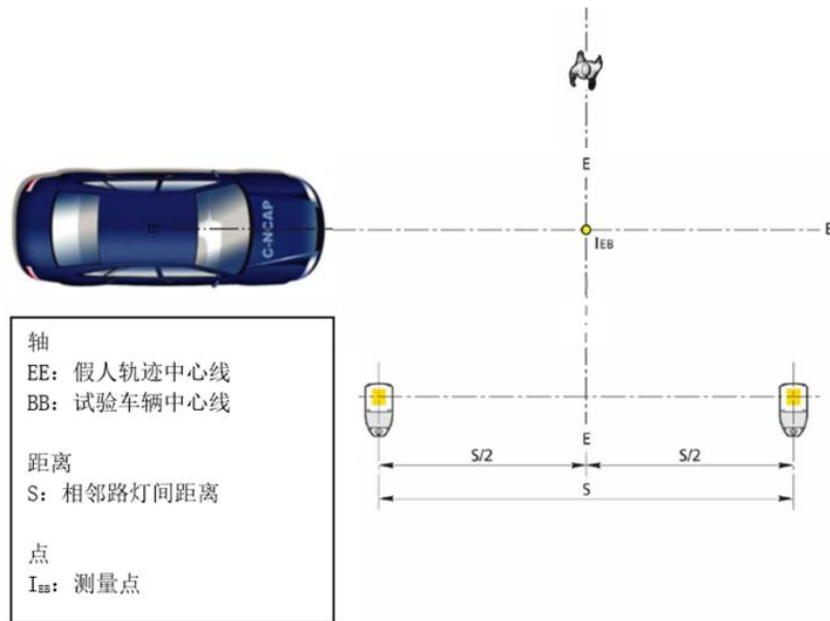


图 C.19 背景光照强度测量点示意图

C.6.2.6.2 VUT 路径的光照强度

VUT 路径的平均光照强度(\overline{IVUT})指在 VUT 路径上的测量点的平均光照强度，即图 C.20 中轨迹 B-B 上的平均光照强度。VUT 路径平均光照强度应在以下范围内：

$$\overline{IVUT} = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} IVUT_i; 16\text{lux} < \overline{IVUT} < 22\text{lux}$$

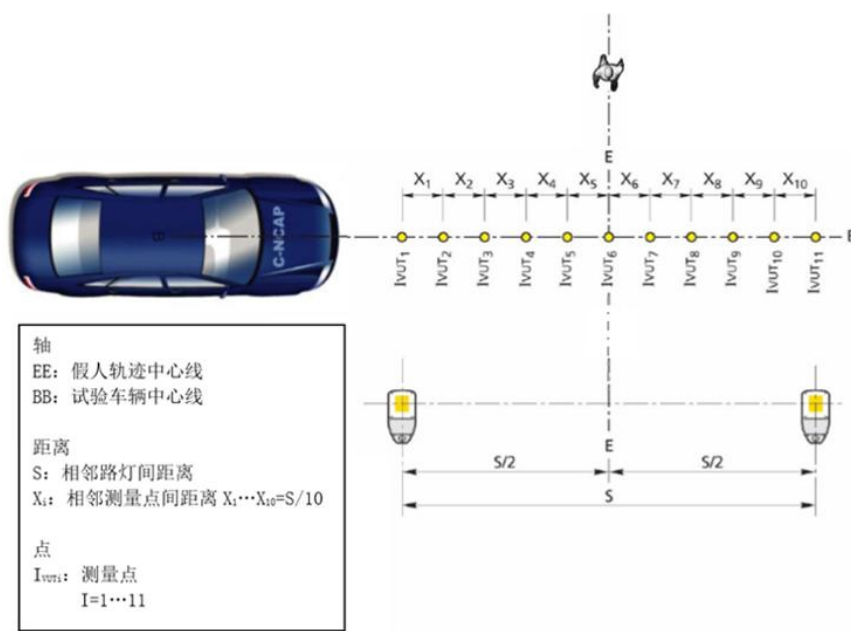


图 C.20 VUT 路径照度测量图

C.6.2.6.3 PTA 路径的光照强度

沿着 PTA 路径（即图 C.21 中 E-E 轴）的测量点的最低光照强度应满足 $I_{PTAi} > 5 \text{ lux}$ 。

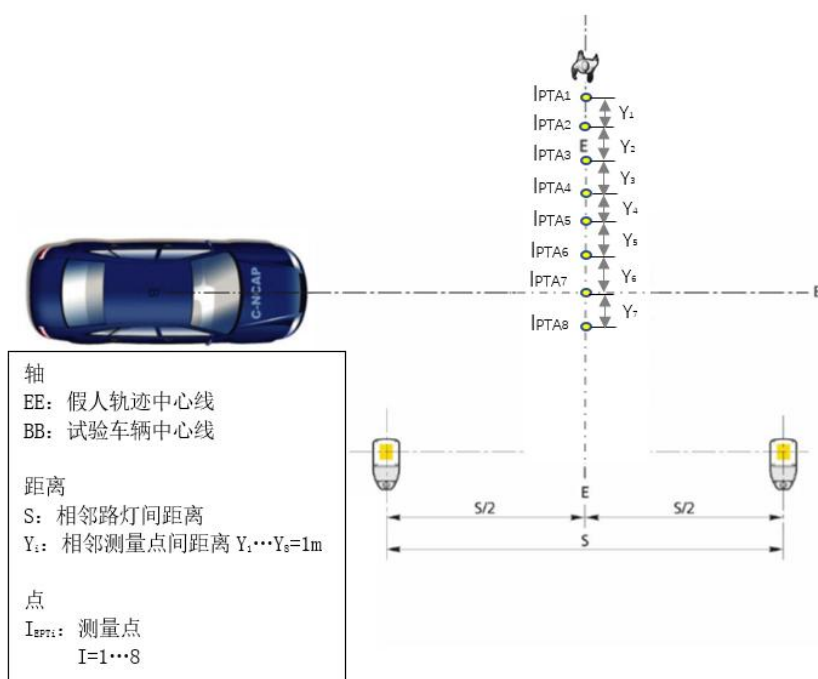


图 C.21 PTA 路径照度测量图

C.6.2.6.4 测试路灯设置

行人夜间试验中路灯设置如下图 C.22 所示，行人路径共设六盏路灯，行人穿行路径设置在第三盏、第四盏中间。

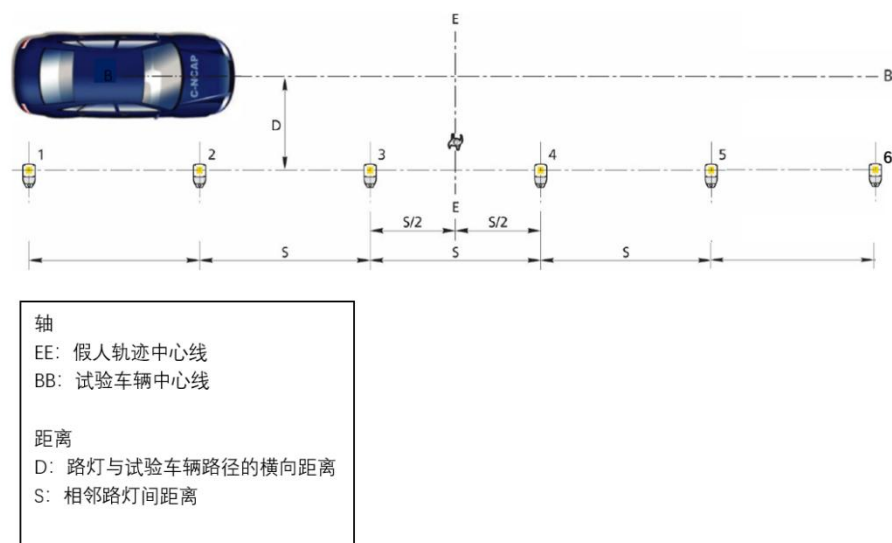


图 C.22 路灯设置示意图

C.6.2.7 AEB VRU_Ped 测试场景总结

AEB VRU_Ped 测试场景总结如表 C.3 所示。

表 C.3 AEB VRU_Ped 系统测试场景

AEB VRU_Ped	CPFA-25	CPFA-50	CPNA-25	CPNA-75	CPLA-50	CPLA-25
测试类型	AEB					FCW
测试速度（km/h）	20-60					50-80
目标物速度（km/h）	6.5		5			
光照条件	白天和夜晚	白天			白天和夜晚	
车灯状况	近光灯	/			远光灯	
路灯状况	路灯				无路灯	

CPNA-75 场景还要增加以下试验：

- a) 试验车速为 20km/h，PTA 速度为 3km/h；
- b) 试验车速为 10km/h，PTA 速度为 5km/h；
- c) 试验车速为 45km/h 时，PTA 速度为 5km/h。

C.6.2.8 试验要求

C.6.2.8.1 挡位选择及车辆控制

自动挡测试车辆选择 D 挡，手动挡测试车辆将变速器挂至在试验速度下发动机转速至少达到 1500RPM 的最高挡位。可以使用 VUT 上的限速或是巡航装置来保持试验车速，除非厂家指出这些功能影响 AEB 系统的工作。在必要时可以通过轻微转动方向盘来保持 VUT 沿规划路径行驶。

C.6.2.8.2 时间间隔

轮胎准备完成后 90s 至 10min 内开始第一次试验，随后每次试验的结束和下次试验的开始间隔同样为 90s 至 10min，如果超过 10min，需再次进行轮胎准备工作。试验间隔内，除非发生严重影响车辆安全的特殊情况，否则 VUT 的速度不应超过 50km/h，且不应进行激烈的加速、减速以及转向操作。

C.6.2.8.3 试验精度

将 VUT 加速至所需的试验车速。VUT 要在 T_0 至 T_{AEB}/T_{FCW} 时间范围内满足以下条件：

- a) VUT 的速度（GPS 速度）：测试车速 ± 0.5 km/h；
- b) VUT 的侧向偏移量： 0 ± 0.05 m；
- c) 横摆角速度： $0 \pm 1.0^\circ$ /s；
- d) 方向盘转角速度： $0 \pm 15.0^\circ$ /s；
- e) CPFA 时 PTA 的速度： 6.5 ± 0.2 km/h；
- f) CPNA 时 PTA 的速度： 5 ± 0.2 km/h；
- g) CPLA 时 PTA 的速度： 5 ± 0.2 km/h。

C.6.2.8.4 单次试验结束条件

以下条件之一发生时，试验结束：

- a) $V_{VUT} = 0$ km/h；
- b) VUT 和 PTA 之间发生接触；
- c) PTA 离开 VUT 行驶路径。

C.6.2.8.5 测试场景结束条件

对 $V_{VUT} \leq 40$ km/h 的试验，车速减少量 < 3 km/h；对 $V_{VUT} > 40$ km/h 的试验，车速减少量 < 20 km/h；厂商预测其没有性能，或在 FCW 试验中 $TTC < 1.5$ s 时，停止试验。

C.6.2.8.6 注意事项

对于手动或自动油门控制，需要确保在自动紧急制动过程中，油门踏板不会导致对制动作用的接管，当自动紧急制动使试验车辆初始速度降低 5 km/h 时，释放加速踏板。试验中不得有其他驾驶控制操作，例如控制离合器或制动踏板等。

C.6.2.8.7 AEB VRU_Ped 系统试验有效性判断方法

“AEB VRU_Ped 系统试验有效性判断方法”参照 C.6.1.7.7。

C.6.3 二轮车自动紧急制动系统（AEB VRU_TW）

C.6.3.1 侧向偏移量

侧向偏移量是指车头中心位置与规划路径之间的水平距离。VUT 侧向偏移量如图 C.23 所示。

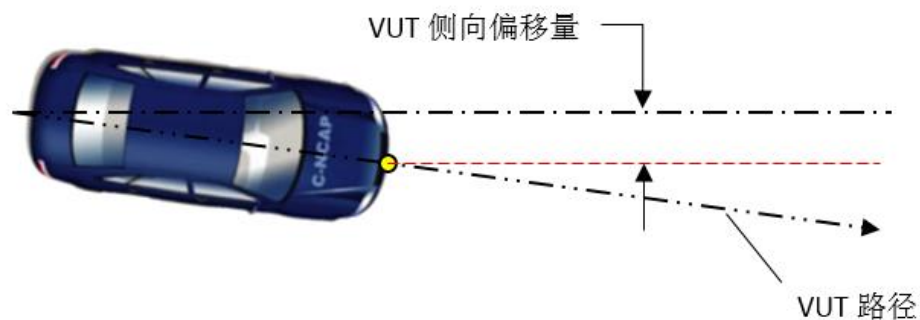


图 C.23 侧向偏移量

C.6.3.2 碰撞位置确定

围绕 VUT 的车头外廓确定一条虚拟轮廓线。在车宽每侧减去 50mm 之后，将七个点平均分配在剩余宽度上，用直线连接即为虚拟轮廓线，如图 C.24 所示。

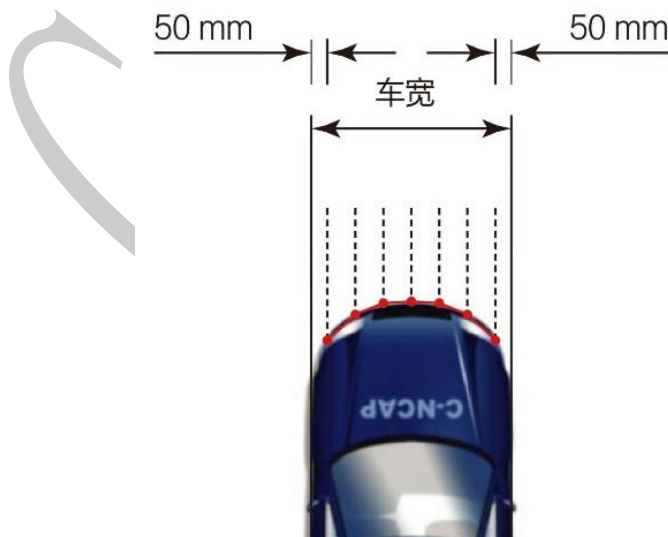


图 C.24 VUT 车头虚拟轮廓线

企业需提交 VUT 虚拟轮廓线信息（A,B,C 值）并由 C-NCAP 试验室进行确认，如图 C.25 所示。

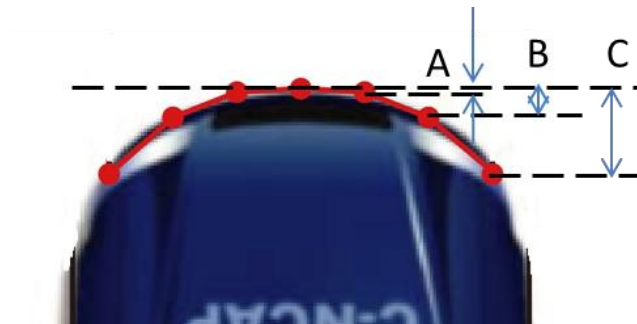


图 C.25 VUT 虚拟边框位置图

在 BTA/STA 的周围定义一个虚拟的矩形框如图 C.26、C.27 所示。在 VUT 的虚拟轮廓线与 BTA/STA 的虚拟框接触时，判定碰撞发生。对于 CBNA 场景，BTA 参考点为支架的最底部（曲轴）；对于 CBLA 场景，BTA 的参考点为后轮的最后边缘点；对于 CSFA 场景，STA 的参考点为前轮的最前边缘点。

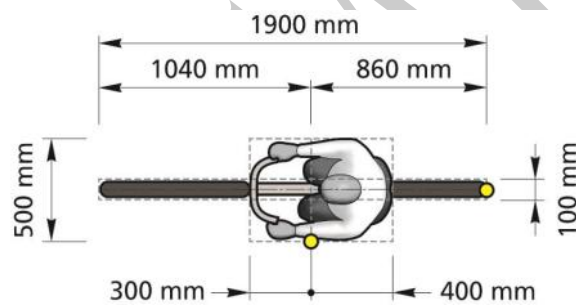


图 C.26 BTA 虚拟边框的大小

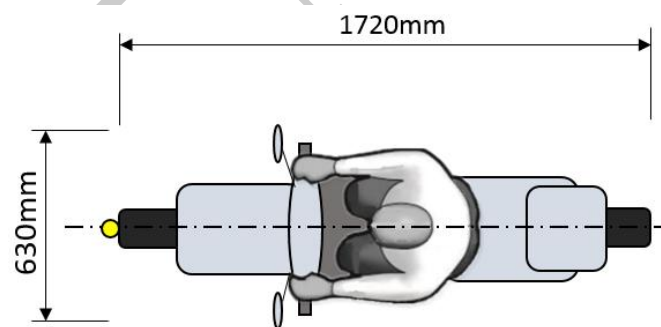


图 C.27 STA 虚拟边框的大小

C.6.3.3 测试设备和二轮车目标物

C.6.3.3.1 测试设备

测试设备要满足动态数据的采样及储存，采样和存储的频率至少为 100Hz。BTA、STA 及 VUT 之间使用 DGPS 时间进行数据同步。

VUT 和 BTA、STA 在试验过程中数据采集和记录设备的精度至少应满足以下要求:

- a) VUT 速度精度 0.1km/h;
- b) VUT 横向和纵向位置精度 0.03m;
- c) BTA、STA 速度精度 0.01km/h;
- d) BTA、STA 横向和纵向位置精度 0.03m;
- e) VUT 横摆角速度精度 $0.1^{\circ}/s$;
- f) VUT 纵向加速度精度 $0.1m/s^2$;
- g) VUT 方向盘角速度 $1.0^{\circ}/s$ 。

C.6.3.3.2 数据滤波

C.6.3.3.2.1 位置和速度采用原始数据, 不进行滤波。

C.6.3.3.2.2 加速度采用采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤, 截止频率为 10Hz。

C.6.3.3.2.3 横摆角速度采用采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤, 截止频率为 10Hz。

C.6.3.3.3 二轮车目标物

C.6.3.3.3.1 BTA 用于代替自行车, STA 用于替代踏板式摩托车, 如图 C.28、C.29 (包含视觉、雷达、激光雷达和 PMD 属性)。



图 C.28 C-NCAP BTA 外观图



图 C.29 C-NCAP STA 外观图

C.6.3.3.3.2 对于 BTA 的具体要求, 参照标准 ISO19206-4。

C.6.3.3.3.3 STA 为表征参数能够代表踏板式摩托车及成年驾驶员组合体, 并且适应系统传感器 (毫米波雷达、摄像头、激光雷达等) 的柔性目标, 其具体要求参照标准 ISO WD 19206-5。

STA 应由车体、前轮、后轮、后备箱、后视镜、号码牌、驾驶员和头盔等结构组成。其车轮要能够旋转, 车体要有明显的踏板结构以放置驾驶员的双脚。驾驶员柔性目标的衣服和鞋必须用防撕裂和防水的材料制成。驾驶员皮肤表面部分必须采用非反射性的肉色纹理。

STA 的主要尺寸如表 C.4 所示。

表 C.4 STA 主要尺寸

尺寸	数值 (mm)
总车长	1720
总车宽	630
总车高	1000
轮距	1230
座椅高度	730
座椅宽度	280
踏板高度	300
踏板宽度	300

C.6.3.3.3.4 如果企业认为 BTA/STA 不能满足 VUT 传感器对目标的要求,请直接联系 C-NCAP 管理中心。

C.6.3.4 试验场地要求

C.6.3.4.1 试验路面要求干燥、表面无可见水分、平整、坚实,坡度单一且保持在水平至 1% 之间,峰值附着系数大于 0.9。

C.6.3.4.2 在距离试验路径中心线驾驶员侧、乘员侧一定的距离范围内(见表 C.5),试验结束点前方 30m 的试验区域内不应有可能引发传感器异常工作的其他车辆、高速公路设施、障碍物、人或是其他突出物,如图 C.30 所示。

表 C.5 试验路径中心线距驾驶员侧、乘员侧的距离

场景	驾驶员侧	乘员侧
CSFA-50	22 m	4 m
CBNA-50	4 m	17 m
CBLA-50	6 m	6 m
CBLA-25	6 m	6 m

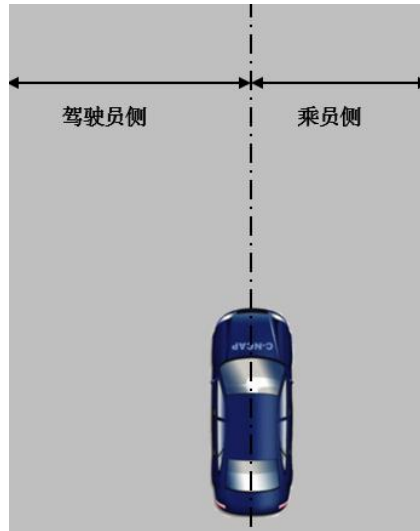


图 C.30 测试区域范围

C.6.3.4.3 试验道路允许有车道标线，但在 AEB 触发及 FCW 报警后的制动区域内，需保证车道标线不与试验轨迹交叉。

C.6.3.5 AEB VRU_TW 系统性能测试场景

AEB VRU_TW 系统测试场景包括 CBNA-50、CSFA-50、CBLA-25、CBLA-50 四种测试场景，如图 C.31、图 C.32 和图 C.33 所示。

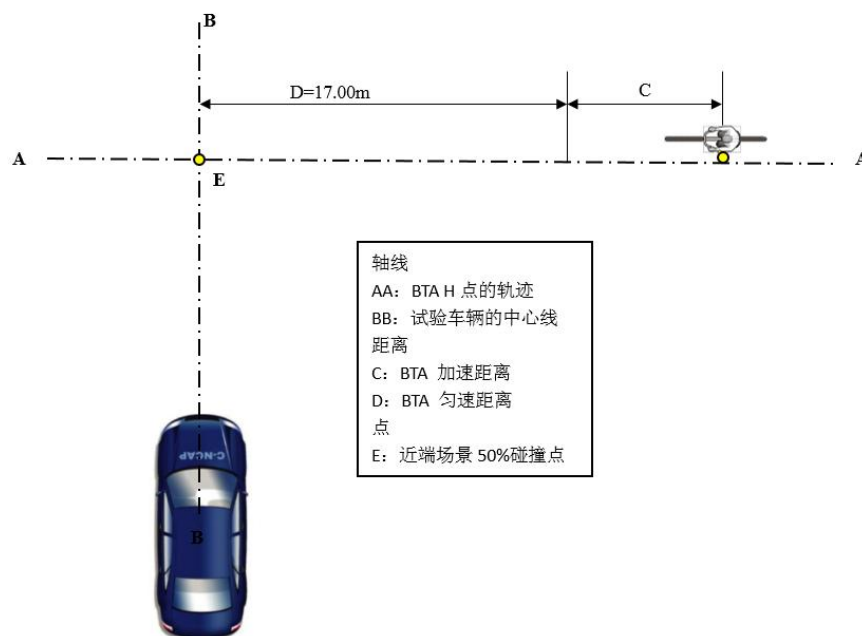


图 C.31 CBNA-50 场景示意图

CBNA-50 场景下，BTA 以 15km/h 的速度以与车辆行驶方向垂直的方向移动。VUT 分别以 20km/h，30km/h，40km/h，50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 50%处，对应图 C.31 中的“E”点。

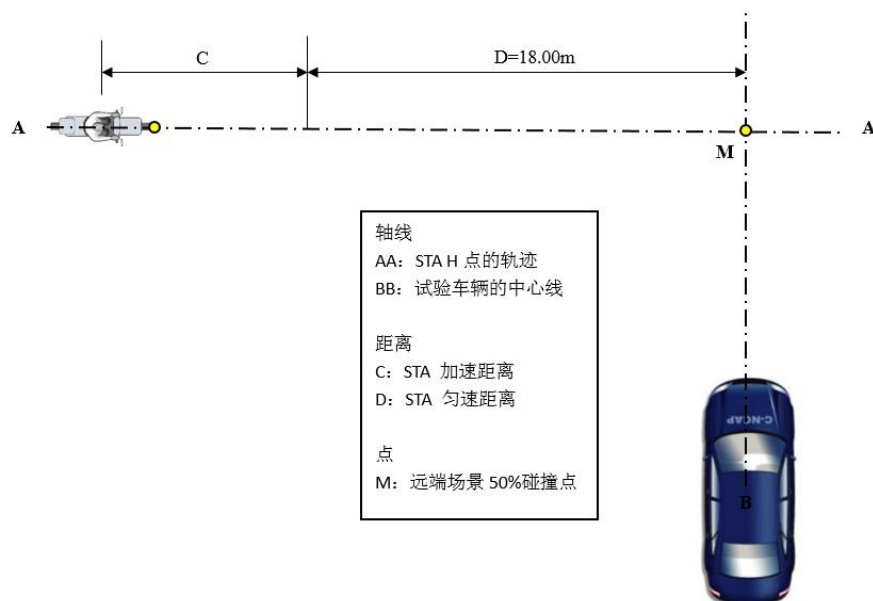


图 C.32 CSFA-50 场景示意图

CSFA-50 场景下，STA 以 20km/h 的速度以与车辆行驶方向垂直的方向移动。VUT 分别以 30km/h，40km/h，50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 50%处，对应图 C.32 中的“M”点。

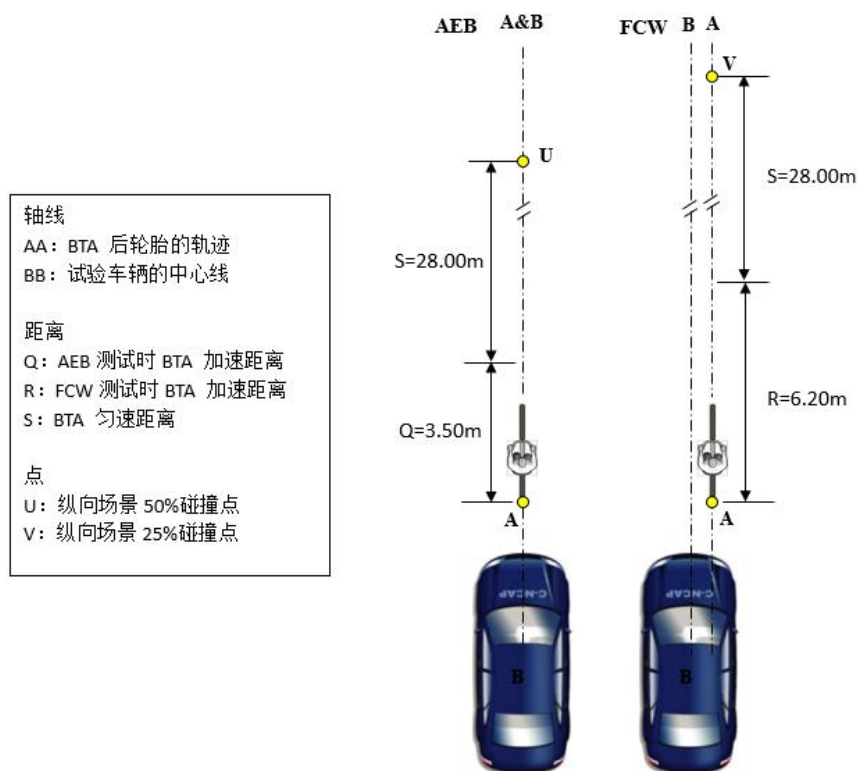


图 C.33 CBLA-50，CBLA-25 场景示意图

CBLA-50 场景下，BTA 以 15km/h 的速度以与车辆行驶方向相同的方向移动。VUT 分别

以 20km/h, 30km/h, 40km/h, 50km/h 和 60km/h 的速度测试。碰撞位置在 50%处, 对应图 C.33 中的“U”点。

CBLA-25 场景下, BTA 以 15km/h 的速度以与车辆行驶方向相同的方向移动。VUT 分别以 50km/h、60km/h、70km/h、80km/h 的速度测试。碰撞位置在 25%处, 对应图 C.33 中的“V”点。

C.6.3.6 AEB VRU_TW 测试场景总结

AEB VRU_TW 测试场景总结如表 C.6 所示。

表 C.6 AEB VRU_TW 系统测试场景

AEB VRU_TW	CBNA	CSFA	CBLA	
测试类型	AEB	AEB	AEB	FCW
VUT 速度 (km/h)	20、30、40、50、60	30、40、50、60	20、30、40、50、60	50、60、70、80
目标物速度 (km/h)	15	20	15	15
碰撞位置	50%	50%	50%	25%
光照条件	白天	白天	白天	白天

C.6.3.7 试验要求

C.6.3.7.1 挡位选择及车辆控制

自动挡测试车辆选择 D 挡, 手动挡测试车辆将变速器挂至在试验速度下发动机转速至少达到 1500RPM 的最高挡位。可以使用 VUT 上的限速或是巡航装置来保持试验车速, 除非厂家指出这些功能影响 AEB/FCW 系统的工作。在必要时可以通过轻微转动方向盘来保持 VUT 沿规划路径行驶。

C.6.3.7.2 时间间隔

轮胎准备完成后 90s 至 10min 内开始第一次试验, 随后每次试验的结束和下次试验的开始间隔同样为 90s 至 10min, 如果超过 10min, 需再次进行轮胎准备工作。试验间隔内, 除非发生严重影响车辆安全的特殊情况, 否则 VUT 的速度不应超过 50km/h, 且不应进行激烈的加速、减速以及转向操作。

C.6.3.7.3 试验精度

将 VUT 加速至所需的试验车速。VUT 要在 T_0 至 T_{AEB}/T_{FCW} 时间范围内满足以下条件:

- a) VUT 的速度 (GPS 速度): 测试车速 \pm 0.5km/h;
- b) VUT 的侧向偏移量: 0 ± 0.05 m;
- c) 横摆角速度: $0\pm 1.0^\circ$ /s;
- d) 方向盘转角速度: $0\pm 15.0^\circ$ /s;

- e) BTA/STA (纵向场景) 的侧向偏移量: $0 \pm 0.15 \text{ m}$;
- f) BTA 稳态下的速度: $15 \pm 0.5 \text{ km/h}$;
- g) STA 稳态下的速度: $20 \pm 0.5 \text{ km/h}$ 。

C.6.3.7.4 单次试验结束条件

以下条件之一发生时, 试验结束:

- a) $V_{VUT} = 0 \text{ km/h}$ 或 $V_{VUT} \leq V_{BTA/STA}$ (纵向场景);
- b) VUT 和 BTA 或 STA 之间发生接触;
- c) BTA 或 STA 离开 VUT 行驶路径。

C.6.3.7.5 测试场景结束条件

对于 $V_{VUT} < 40 \text{ km/h}$ 的试验, 车速减少量 $< 3 \text{ km/h}$; 对 $V_{VUT} > 40 \text{ km/h}$ 的试验, 车速减少量 $< 20 \text{ km/h}$; 或厂商预测其没有性能时; 或 FCW 试验中, $TTC < 1.5 \text{ s}$ 时, 停止试验。

C.6.3.7.6 注意事项

对于手动或自动油门控制, 需要确保在自动紧急制动过程中, 油门踏板不会导致对自动紧急制动作用的接管, 当自动紧急制动使试验车辆初始速度降低 5 km/h 时, 释放加速踏板。试验中不得有其他驾驶控制操作, 例如离合器或制动踏板。

C.6.3.7.7 AEB VRU 二轮车系统试验有效性判断方法

“AEB VRU_TW 系统试验有效性判断方法”参照 C.6.1.7.7。

C.6.4 车道保持系统 (LKA)

C.6.4.1 横向路径误差

如下图 C.34 所示, 横向路径误差为 VUT 车头中线和预定路线 (两线平行) 的距离, 即 VUT 横向路径误差为 VUT 横向路径偏移量。

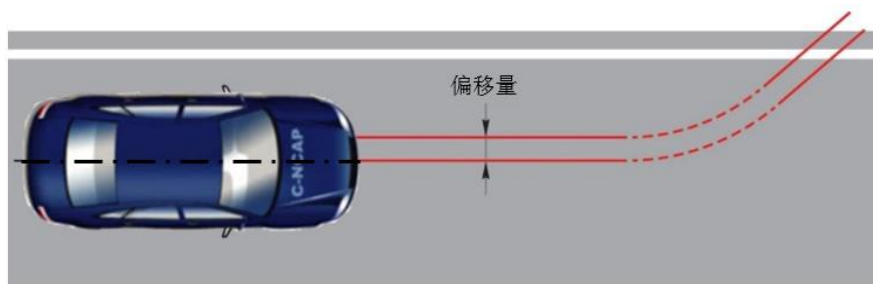


图 C.34 横向偏移量

C.6.4.2 测试设备

C.6.4.2.1 测试设备要满足动态数据的采样及储存，采样和存储的频率至少为 100Hz。

C.6.4.2.2 VUT 在试验过程中数据采集和记录设备的精度至少应满足以下要求：

- a) VUT 速度精度 0.1km/h；
- b) VUT 横向和纵向位置精度 0.03m；
- c) VUT 航向角精度 0.1°；
- d) VUT 横摆角速度精度 0.1° /s；
- e) VUT 纵向加速度精度 0.1m/s²；
- f) VUT 方向盘角速度精度 1.0° /s。

C.6.4.2.3 数据滤波

- a) 位置和速度采用原始数据，不进行滤波；
- b) 加速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz；
- c) 横摆角速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz。

C.6.4.3 试验场地要求

C.6.4.3.1 试验路面要求干燥、表面无可见水分、平整、坚实，坡度单一且保持在水平至 1% 之间，峰值附着系数大于 0.9。

C.6.4.3.2 试验车道应有足够长度以满足试验车速的需要；试验车道应有高对比度的车道边线，除非特别说明，车道边线应状态良好，无破损、遮蔽等影响车道保持辅助系统感应的缺陷存在；车道边线的设置应遵守 GB 5768《道路交通标志和标线》的要求，单条试验车道宽度为 3.75m（车道线中心距离），车道线宽 0.15m，虚线线段及间隔长分别为 6m 和 9m，除特别说明，车道边线应为白色或黄色。

C.6.4.3.3 VUT 偏离方向另一侧车道线为实车道线或虚车道线，且符合 GB 5768《道路交通标志和标线》的要求。

C.6.4.4 LKA 系统性能测试场景

C.6.4.4.1 虚线偏离测试

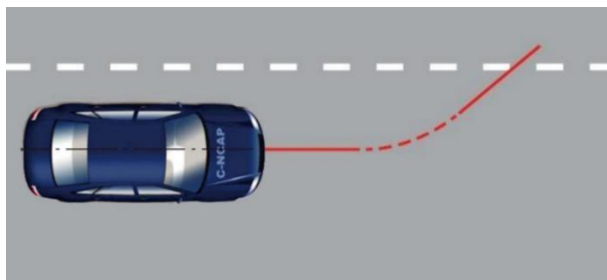


图 C.35 左侧偏离虚线

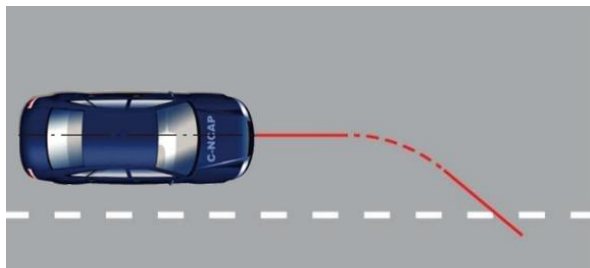


图 C.36 右侧偏离虚线

LKA 虚线测试将以 0.2m/s、0.3m/s、0.4m/s、0.5m/s 的横向偏离速度，分别左右两侧偏离虚线进行测试，如图 C.35、图 C.36 所示。

C.6.4.4.2 实线偏离测试

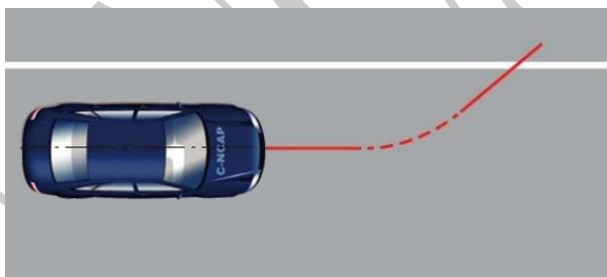


图 C.37 左侧偏离实线

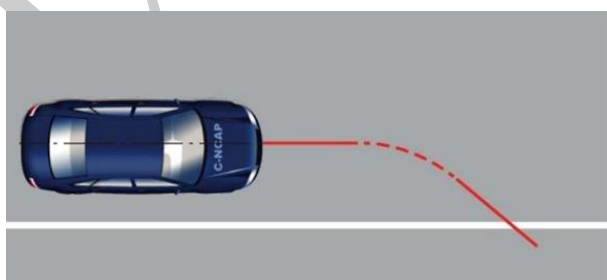


图 C.38 右侧偏离实线

LKA 实线测试将以 0.2m/s、0.3m/s、0.4m/s、0.5m/s 的横向偏离速度，分别左右两侧偏离实线进行测试，如图 C.37、图 C.38 所示。

LKA 试验路径按照表 C.7 中的参数进行设定。

表 C.7 LKA 测试路径参数

V_{latVUT} (m/s)	R (m)	Ψ_{VUT} [°]	d1 (m)	d2 (m)
0.2	1200	0.51	0.05	0.70
0.3		0.77	0.11	0.90
0.4		1.03	0.20	0.80
0.5		1.29	0.30	0.75
0.6		1.55	0.44	0.60
0.7		1.80	0.59	0.53

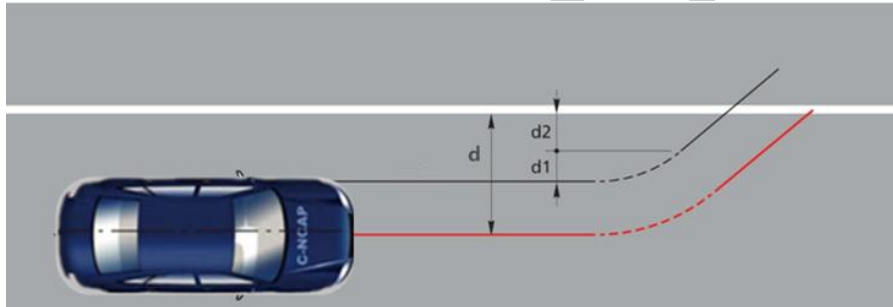


图 C.39 VUT 路径定义

其中： $d=d1+d2+1/2*$ 测试车辆车宽；

d1 为曲线部分车辆行驶横向位移；

d2 为车辆稳定切出车道部分在本车道内行驶横向位移；

Ψ_{VUT} 为 VUT 的横摆角度；

R 为车辆行驶轨迹半径。

C.6.4.4.3 寻找 LKA 释放点

车辆制造商应提供信息描述何时需要结束对车辆路径和速度的控制，以避免 LKA 系统干扰每次测试的路径和/或速度控制。否则，对于每个横向速度，应进行两次校准，以确定 LKA 何时激活。比较两种行驶方式的方向盘扭矩、车辆速度或横摆角速度（yaw rate），确定哪里有显著差异，从而确定 LKA 干预的时刻。

试验 1:关闭 LKA 完成所需的测试路径并测量控制参数。

试验 2:打开 LKA 完成所需的测试路径并测量控制参数。

在校准试验组的运行中，转向控制的释放应发生在测试路径上，且在 LKA 干涉位置之前纵向距离不小于 5m。

C.6.4.5 LKA 测试场景总结

LKA 测试场景总结如表 C.8 所示。

表 C.8 LKA 测试场景

车道线类型	偏离方向	测试车速 (km/h)	偏离速度 (m/s)
实线	左侧	80	0.2
			0.3
			0.4
			0.5
	右侧	80	0.2
			0.3
			0.4
			0.5
虚线	左侧	80	0.2
			0.3
			0.4
			0.5
	右侧	80	0.2
			0.3
			0.4
			0.5

C.6.4.6 试验要求

C.6.4.6.1 挡位选择及车辆控制

自动挡测试车辆选择 D 挡，手动挡测试车辆将变速器挂至在试验速度下发动机转速至少达到 1500RPM 的最高挡位。可以使用 VUT 上的限速或是巡航装置来保持试验车速，除非厂家指出这些功能影响 LKA 系统的工作。在必要时可以通过轻微转动方向盘来保持 VUT 沿规划路径行驶。

C.6.4.6.2 试验精度

将 VUT 加速至所需的试验车速。VUT 要在 T_0 至 T_{LKA} 时间范围内满足以下条件：

- a) VUT 的速度 (GPS 速度)：±1km/h；
- b) VUT 的侧向偏移量：±0.05 m；
- c) 横摆角速度：±1.0° /s；
- d) 方向盘转角速度：±15.0° /s；
- e) 稳态 VUT 横向偏离速度：± 0.05m/s。

C.6.4.6.3 试验结束条件

C.6.4.6.3.1 单次试验结束条件

下列情况之一发生 2s 后，则 LKA 单次试验结束：

- a) LKA 系统未能将 VUT 保持在允许的车道偏离距离内；
- b) LKA 系统进行干预，使 VUT 保持在允许的车道偏离距离内，此过程 VUT 会产生最大的横向位移，随后该位移减小，使 VUT 返回车道内。

C.6.4.6.3.2 试验场景结束条件

在单一试验场景中，若较低偏离车速不得分且判断高偏离速度也不能满足要求时则场景中止，切换其他场景继续试验直到试验结束，该场景剩余未做试验默认不得分。

C.6.5 可选审核项目 LDW、SAS、BSD C2C、BSD C2TW 测试场景及评价方法

C.6.5.1 横向路径误差

侧向偏移量是指车头中心位置与规划路径之间的水平距离，如图 C.40 所示。

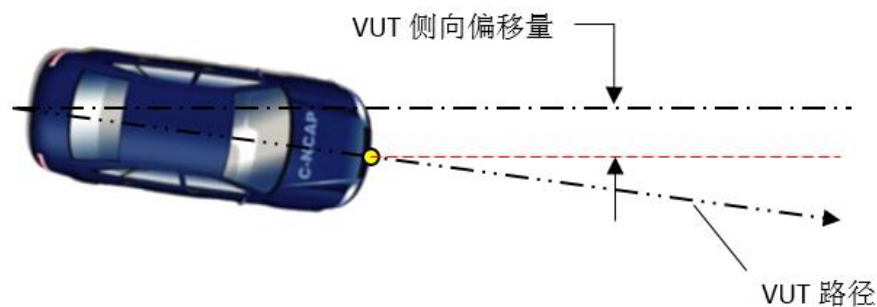


图 C.40 侧向偏移量

C.6.5.2 测试设备

C.6.5.2.1 测试设备要满足动态数据的采样及储存，采样和存储的频率至少为 100Hz。

C.6.5.2.2 VUT 在试验过程中数据采集和记录设备的精度至少应满足以下要求：

- a) VUT 速度精度 0.1km/h；
- b) VUT 横向和纵向位置精度 0.03m；
- c) VUT 航向角精度 0.1°；
- e) VUT 横摆角速度精度 0.1°/s；
- f) VUT 纵向加速度精度 0.1m/s²；
- g) VUT 方向盘角速度精度 1.0°/s。

C.6.5.2.3 数据滤波要求如下：

- a) 位置和速度采用原始数据，不进行滤波；
- b) 加速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz；
- c) 横摆角速度采用 12 极无阶巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 10Hz。

C.6.5.2.4 SAS 试验所用标识牌需符合 GB-5768 《道路交通标志和标线》与 GB 51038 - 2015 《城市道路交通标志和标线设置规范》的相关要求。

C.6.5.2.5 BSD C2C 试验目标车辆应为普通大批量生产的汽车，轴距应满足 2.0 m~2.5 m 的范围；作为替代，也可以采用表征参数能够代表车辆且适应系统传感器的柔性目标。

C.6.5.2.6 BSD C2TW 试验目标二轮车应为普通大批量生产的踏板式摩托车；作为替代，可以使用本规程中的 STA。

C.6.5.3 试验场地要求

C.6.5.3.1 试验路面要求干燥、表面无可见水分、平整、坚实，坡度单一且保持在水平至 1% 之间，峰值附着系数大于 0.9。

C.6.5.3.2 试验车道应有足够长度以满足试验车速的需要；试验车道应有高对比度的车道边线，除非特别说明，车道边线应状态良好，无破损、遮蔽等影响相关系统感应的缺陷存在；车道边线的设置应遵守 GB 5768《道路交通标志和标线》的要求，单条试验车道宽度为 3.75m（车道线中心距离），车道线宽 0.15m，除特别说明，车道边线应为白色或黄色。

C.6.5.4 测试场景

C.6.5.4.1 LDW 系统性能测试场景

LDW 测试将以车速 80km/h，0.6m/s、0.7m/s 的横向偏离速度，分别左、右两侧偏离实线进行测试，如图 C.41、图 C.42 所示。

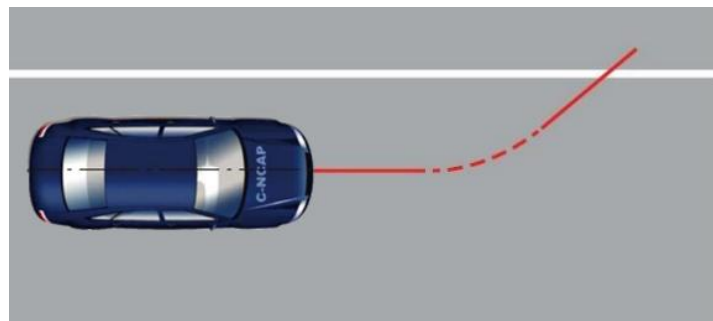


图 C.41 车辆左侧偏离实车道线测试场景

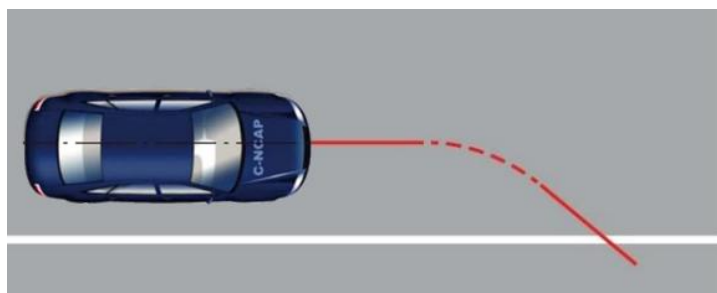


图 C.42 车辆右侧偏离实车道线测试场景

LDW 试验路径见 C 6.4.4.2

LDW 测试场景，包含左侧偏离实车道线测试场景和右侧偏离实车道线测试场景，要获得本可选审核项目得分，所有场景均需通过。LDW 测试场景总结如表 C.9 所示。

表 C.9 LDW 系统测试场景

LDW 测试场景			
车道线类型	偏离方向	测试车速 (km/h)	偏离速度 (m/s)
实线	左侧	80	0.6
			0.7
	右侧	80	0.6
			0.7

C.6.5.4.2 SAS-SLIF 系统性能测试场景

C.6.5.4.2.1 限速信息识别测试

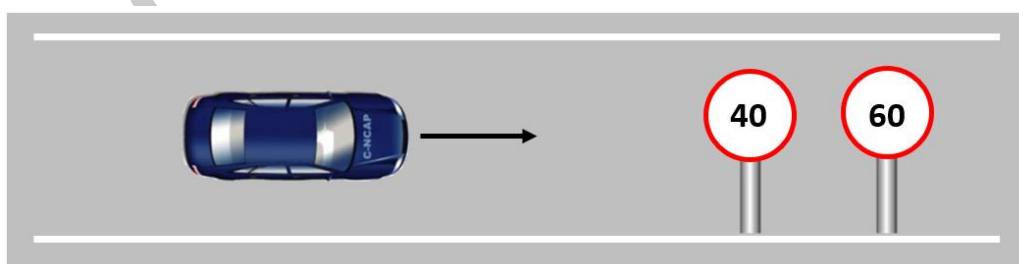


图 C.43 限速信息识别测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，并于该路段设置限速标志牌（40km/h，60km/h），如图 C.43 所示。试验开始时，车辆在车道中央沿直线行驶，车辆以等于限速值的车速行驶；距离限速牌至少 100m 时试验开始，车辆尾部驶过限速牌结束。

C.6.5.4.2.2 超速报警测试

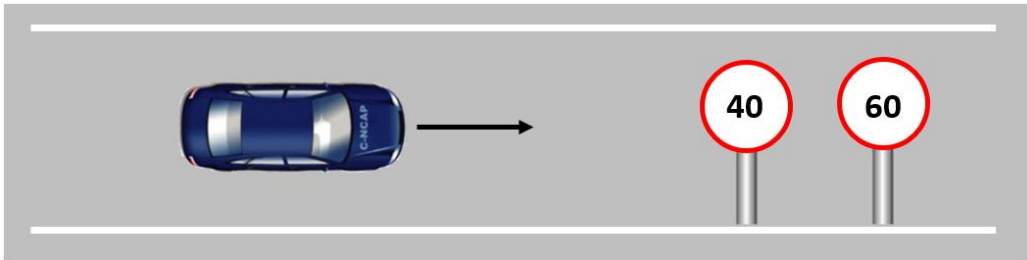


图 C.44 超速报警功能测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，并于该路段设置限速标志牌（40km/h，60km/h），如图 C.44 所示。试验开始时，车辆在车道中央沿直线行驶，车辆以（限速值+10）km/h 的车速行驶；距离限速牌至少 100m 时试验开始，车辆尾部驶过限速牌结束。

C.6.5.4.2.3 SAS-SLIF 测试场景总结

SAS-SLIF 测试场景，包含限速信息识别测试场景和超速报警测试场景，要获得本可选审核项目得分，所有测试场景均需通过。SAS-SLIF 测试场景总结如表 C.10 所示。

表 C.10 SAS-SLIF 测试场景

SAS-SLIF 测试场景		
测试类型	限速标识速度（km/h）	测试车速（km/h）
限速识别	40	40
	60	60
超速报警	40	50
	60	70

C.6.5.4.3 BSD C2C 系统性能测试场景

C.6.5.4.3.1 目标车辆超越试验车辆测试

目标车辆超越试验车辆测试场景如图 C.45 所示。

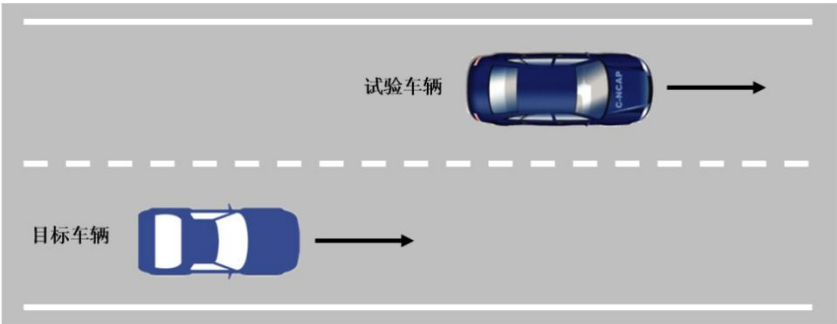


图 C.45 目标车辆超越试验车辆测试示意图

试验车辆以 50 km/h 的速度匀速直线行驶，目标车辆在相邻车道匀速直线行驶，行驶过程中保持试验车辆车身最外缘（近目标车侧，不包括外后视镜）与目标车辆车身最外缘（近试验车侧，不包括外后视镜）之间的横向距离为 1.5m。目标车辆以 60km/h、65km/h、70km/h 的速度匀速行驶并超越试验车辆。当试验车辆最后缘与目标车辆最前缘的纵向距离为 33m 时试验开始，当目标车辆的最前缘超越图 C.47 中试验车辆 C 线 3 m 时，试验结束。

测试完成后应由试验车辆另一侧重复进行该试验。

C.6.5.4.3.2 目标车辆并道测试

目标车辆并道测试场景如图 C.46 所示。

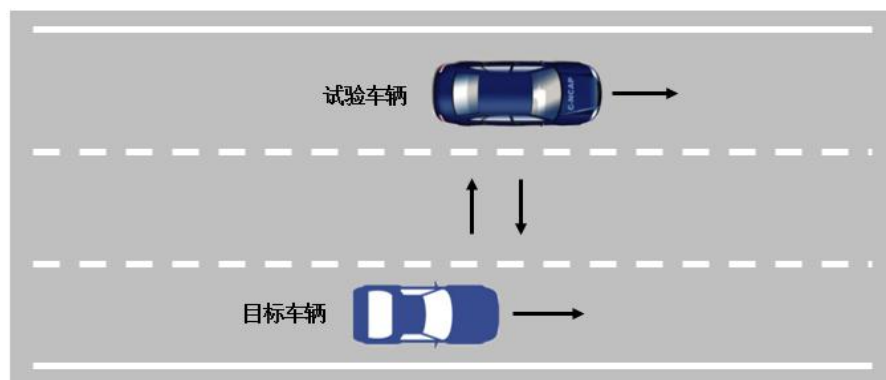


图 C.46 目标车辆并道测试示意图

试验车辆和目标车辆均以 50km/h 的速度匀速直线行驶，行驶过程中保持试验车辆车身最外缘（近目标车侧，不包括外后视镜）与目标车辆车身最外缘（近测试车侧，不包括外后视镜）之间的横向距离为 6.5m。当目标车辆越过图 C.47 中的 B 线，且完全在 C 线之后时，以 (0.5 ± 0.25) m/s 的侧向速度从试验车辆侧后方进行变道，直至两车的横向距离为 1.5m。变道完成后，确保目标车辆仍然越过 B 线并且完全在 C 线之后，目标车辆至少保持直线行驶 300ms，然后变道返回最初车道，试验结束。

测试完成后应由试验车辆另一侧重复进行该试验。

C.6.5.4.3.3 盲区范围定义

盲区监测范围（detection coverage area）：车辆盲区监测范围见图 C.47。图 C.47 中的画线是为了说明盲区监测警告要求。右侧、左侧和后部等描述参考了试验车辆的行驶方向。给出的所有尺寸均相对试验车辆而言。

——线 A 平行于试验车辆后缘，并位于试验车辆后缘后部 30.0 m 处。

——线 B 平行于试验车辆后缘，并位于试验车辆后缘后部 3.0 m 处。

——线 C 平行于试验车辆前缘，并位于第九十五百分位眼椭圆的中心。

——线 D 为试验车辆前缘的双向延长线。

——线 E 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身（不包括外后视镜）左侧的最外缘。

——线 F 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身左侧最外缘的左边，与左侧最外缘相距 0.5m。

——线 G 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身左侧最外缘的左边，与左侧最外缘相距 3.0m。

——线 H 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身左侧最外缘的左边，与左侧最外缘相距 6.0m。

——线 J 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身（不包括外后视镜）右侧的最外缘。

——线 K 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身右侧最外缘的右边，与右侧最外缘相距 0.5m。

——线 L 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身右侧最外缘的右边，与右侧最外缘相距 3.0m。

——线 M 平行于试验车辆的中心线，并位于试验车辆车身右侧最外缘的右边，与右侧最外缘相距 6.0m。

——线 N 为试验车辆后缘的双向延长线。

——线 O 平行于试验车辆后缘，并位于试验车辆后缘后部 10.0 m 处。

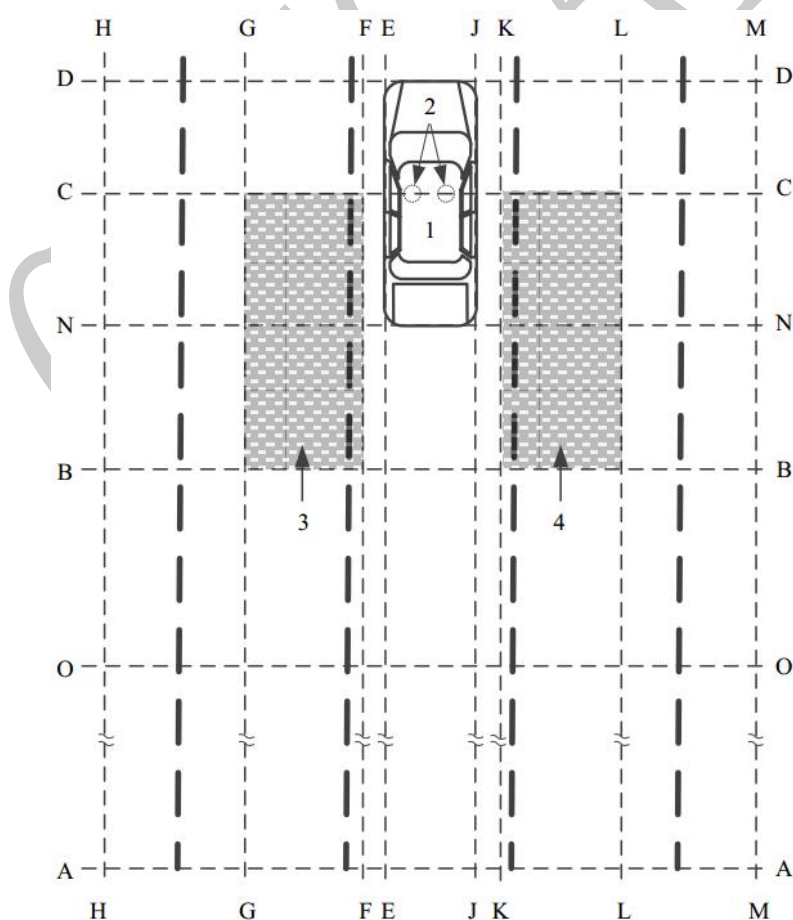


图 C.47 盲区定义

- 注：1-试验车辆；
- 2-第九十五百分位眼椭圆的中心，应符合 GB/T 36606-2018 的要求，N1 类车辆参考；
- 3-FCGB 围成的区域为直线工况下的车辆左侧盲区监视范围；
- 4-KCLB 围成的区域为直线工况下的车辆右侧盲区监视范围。

C.6.5.4.3.4 测试场景总结

BSD-C2C 场景包含目标车辆超越试验车辆测试场景和目标车辆并道测试场景，要获得本可选审核项目得分，所有场景均需通过。测试场景总结如表 C.11 所示。

表 C.11 BSD-C2C 测试场景

测试车辆速度 (km/h)	目标物类型	目标物速度 (km/h)	目标物动作
50	车辆	60	超车
		65	
		70	
50		50	并道

C.6.5.4.4 BSD-C2TW 系统性能测试场景

C.6.5.4.4.1 二轮车超越试验车辆测试

二轮车超越试验车辆测试场景如图 C.48 所示。

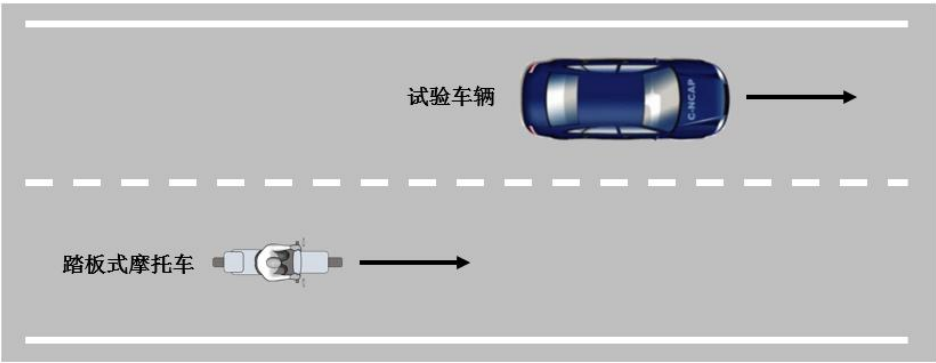


图 C.48 二轮车超越试验车测试场景

测试车辆以 40km/h 的速度匀速直线行驶，二轮车以 50km/h 的速度由侧后方驶入测试车辆盲区并超越测试车辆，行驶过程中保持测试车辆中心线与二轮车车身的最外缘（近测试车辆侧，不含后视镜）之间的横向距离为 2.0m-3.5m，当试验车辆最后缘与目标二轮车最前缘的纵向距离为 33m 时试验开始，当目标车辆的最前缘超越图 C.47 中试验车辆 C 线 3 m 时，试验结束。

测试完成后应由测试车辆另一侧重复进行该试验。

C.6.5.4.4.2 二轮车并道测试

二轮车并道测试场景如图 C.49 所示。

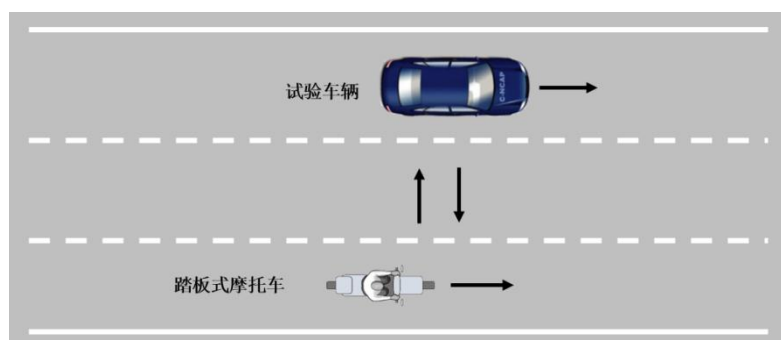


图 C.49 二轮车并道测试场景

试验车辆以 50km/h 的速度匀速直线行驶，二轮车以 50km/h 匀速行驶，行驶过程中应保持二轮车车身的最外缘（近测试车侧，不含后视镜）与试验车辆中心线之间的横向距离为 7.5m。当二轮车越过图 C.46 中的 B 线，且完全在 C 线之后时，以 (0.5 ± 0.25) m/s 的侧向速度从测试车辆侧后方进行变道，直至两车的横向距离为 2.5m。变道完成后，确保二轮车仍然越过测试车辆 B 线并且完全在 C 线之后，二轮车至少保持直线行驶 300ms，然后变道返回最初车道，试验结束。

测试完成后应由测试车辆另一侧重复进行该试验。

C.6.5.4.4.3 BSD-C2TW 测试场景总结

BSD C2TW 场景，包含二轮车超越试验车辆测试场景和二轮车并道测试场景，要获得本可选审核项目得分，所有场景均需通过。测试场景总结如表 C.12 所示。

表 C.12 BSD-C2TW 测试场景

测试车辆速度 (km/h)	目标物类型	目标物速度 (km/h)	目标物动作
40	踏板式摩托车	50	超车
50		50	并道

C.6.5.5 试验要求

C.6.5.5.1 挡位选择及车辆控制

自动挡测试车辆选择 D 挡，手动挡测试车辆将变速器挂至在试验速度下发动机转速至少达到 1500RPM 的最高挡位。可以使用 VUT 上的限速或是巡航装置来保持试验车速，除非厂家指出这些功能影响功能系统的工作。在必要时可以通过轻微转动方向盘来保持 VUT 沿规划路径行驶。

C.6.5.5.2 试验精度

对于 LDW、SAS 以及 BSD C2C/ C2TW 系统的测试，将 VUT 加速至所需的试验车速，试验要在 T_0 至 $T_{LDW}/T_{SAS}/T_{BSD}$ 时间范围内满足以下条件：

- a) 测试速度（GPS 速度）精度： $\pm 2.0\text{km/h}$ ；
- b) 横向距离精度： $\pm 0.2\text{m}$ ；
- c) 纵向距离精度： $\pm 0.2\text{m}$ ；
- d) 侧向偏移量： $\pm 0.2\text{m}$ 。

C.6.5.6 试验结束条件

C.6.5.6.1 LDW 试验结束条件

C.6.5.6.1.1 单次试验结束条件

试验过程中 LDW 系统会进行报警，则在设备接收到此报警后 2s 试验结束。若系统没有进行报警，则在偏移侧前轮外边缘超过车道线外侧 0.3m 后结束。

C.6.5.6.1.2 试验场景结束条件

当任意一个场景的任意速度点试验的结果被判定不通过后，则为系统功能不合格，停止试验。

C.6.5.6.2 SAS 试验结束条件

C.6.5.6.2.1 单次试验结束条件

- a) SAS 系统发出报警信息；
- b) 目标车按照既定路线行驶完毕。

C.6.5.6.2.2 试验场景结束条件

当任意一个场景的任意速度点试验的结果被判定不通过，则系统功能不合格，停止试验。

C.6.5.6.3 BSD C2C 试验结束条件

C.6.5.6.3.1 单次试验结束条件

- a) BSD 系统发出报警信息；
- b) 目标车按照既定路线行驶完毕。

C.6.5.6.3.2 试验场景结束条件

当任意一个场景的任意速度点试验的结果被判定不通过，则系统功能不合格，停止试验。

C.6.5.6.4 BSD C2TW 试验结束条件

C.6.5.6.4.1 单次试验结束条件

- a) BSD 系统发出报警信息;
- b) 二轮车目标物按照既定路线运行完毕。

C.6.5.6.4.2 试验场景结束条件

当任意一个场景的任意速度点试验的结果被判定为不通过, 则系统功能不合格, 停止试验。

C.6.5.7 评价方法

C.6.5.7.1 车道偏离预警 (LDW) 功能评价方法

C.6.5.7.1.1 LDW 场景测试评价方法

对于 LDW 系统测试, 使用的评估标准是轮胎最外缘到车道线外侧的距离。测试车辆向车道的左侧 (右侧) 逐渐偏离, 通过条件为报警时刻测试车辆轮胎最外缘不应超过车道线外侧 0.2m, 否则不得分。

系统应提供一种易被感知的触觉报警和 (或) 听觉报警。

若测试车辆仅配置 LKA 系统或 LKA 系统与 LDW 系统为一体, 则在 LKA 功能介入前释放转向控制进行测试, 若车辆轮胎最外缘未偏出车道线外侧 0.2m 或报警时刻测试车辆轮胎最外缘不超过车道线外侧 0.2m, 则该项得分, 否则不得分。

C.6.5.7.1.2 试验结果判定

每个测试点按组进行试验, 每组重复开展三次试验, 三次试验均通过, 则判定该测试点通过。且每个测试点最多开展两组试验。

C.6.5.7.1.3 LDW 系统得分计算方法

所有场景测试结果均为通过, 则该测试项目得分, 否则该测试项目不得分。

C.6.5.7.2 SAS-SLIF 系统性能评价方法

C.6.5.7.2.1 限速信息识别评价方法

- a) 限速信息应以交通标志显示在驾驶员的直接视野内;
- b) 限速信息不应晚于车辆尾部驶离限速牌平面时完成显示;
- c) 识别的限速信息与限速标志牌的速度无差异。

C.6.5.7.2.2 超速报警评价方法

- a) 报警信息应使用闪烁的交通标志或与交通标志相邻的附加视觉信号给予驾驶员警示;

b) 报警信息不应晚于车辆尾部驶离限速牌平面时发出。

C.6.5.7.2.3 试验结果判定

每个测试点按组进行试验，每组重复开展三次试验，三次试验均通过，则判定该测试点通过。且每个测试点最多开展两组试验。

C.6.5.7.2.4 SAS 系统得分计算方法

所有场景的测试结果均为通过，则该测试项目得分，否则该测试项目不得分。

C.6.5.7.3 盲区监测系统 车对车（BSD C2C）功能评价方法

C.6.5.7.3.1 目标车辆超越试验车辆试验场景评价方法

a) 当目标车辆完全位于图 C.47 所示 A 线之后时，BSD 不应发出报警；

b) 当目标车辆的任何部分位于试验车辆的盲区时，系统应发出报警，报警发出的时间不得晚于目标车辆最前缘超过图 C.47 中 B 线后 300ms。

C.6.5.7.3.2 目标车辆并道测试场景评价方法

a) 当目标车辆完全位于图 C.47 中 H 线或 M 线外时，BSD 不应发出报警；

b) 当目标车辆的任何部分位于试验车辆的盲区时，系统应发出报警，报警发出的时间不得晚于目标车辆外缘超过图 C.47 中 L/G 线后 300ms。

C.6.5.7.3.3 试验结果判定

每个测试点按组进行试验，每组重复开展三次试验，三次试验均通过，则判定该测试点通过。且每个测试点最多开展两组试验。

C.6.5.7.3.4 BSD C2C 系统得分计算方法

所有场景测试结果均为通过，则该测试项目得分，否则该测试项目不得分。

C.6.5.7.4 盲区监测系统 车对二轮车（BSD C2TW）功能评价方法

C.6.5.7.4.1 二轮车超越试验车辆试验场景评价方法

a) 当二轮车完全位于图 C.47 中 A 线之后时，BSD 不应发出报警；

b) 当二轮车的任何部分位于试验车辆的盲区时，系统应发出报警，报警发出的时间不得晚于目标车辆最前缘超过图 C.47 中 B 线后 300ms。

C.6.5.7.4.2 二轮车并道试验场景评价方法

a) 当目标车辆完全位于图 C.47 中 H 线或 M 线外时，BSD 不应发出报警；

b) 当目标车辆的任何部分位于试验车辆的盲区时，系统应发出报警，报警发出的时间不得晚于目标车辆外缘超过图 C.47 中 L/G 线后 300ms。

C.6.5.7.4.3 试验结果判定

每个测试点按组进行试验，每组重复开展三次试验，三次试验均通过，则判定该测试点通过。且每个测试点最多开展两组试验。

C.6.5.7.4.4 BSD C2TW 系统得分计算方法

所有场景测试结果均为通过，则该测试项目得分，否则该测试项目不得分。

CINCAP