

IVISTA

中国商用车智能专项测评

编号: IVISTA-SM-ISIAEB-TP-A0-2024

智能安全指数 自动紧急制动系统试验规程 (轻型商用车)

Intelligent Safety Index

Autonomous Emergency Braking System Test Protocol

(Light Commercial Vehicle)

(2024 版)

目 录

1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验准备及要求.....	7
4.1 车对车试验要求.....	7
4.2 车对 VRU 试验要求.....	9
5 试验方法.....	14
5.1 车对车试验方法.....	14
5.2 车对 VRU 试验方法.....	22
6 试验拍摄.....	28
7 数据处理.....	29
7.1 加速度踏板位置.....	29
7.2 横向和纵向位置.....	29
7.3 纵向加速度.....	29
7.4 速度.....	29
7.5 横摆角速度.....	29
7.6 转向盘角速度.....	29

自动紧急制动系统试验规程

1 范围

本规程规定了轻型商用车自动紧急制动系统的试验方法。

本文件适用于 N₁ 类和 N₂ 类封闭厢式货车与总质量不超过 4.5 吨,核载人数不超过九座的轻型客车。

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。

C-IASI 车辆辅助安全指数-车对车自动紧急制动系统试验规程(2020 版)

C-IASI 车辆辅助安全指数-行人与骑行者自动紧急制动系统试验规程(2020 版)

GB/T 18385-2024 纯电动汽车动力性能试验方法

GB/T 39263-2020 道路车辆 先进驾驶辅助术语及定义

euro-ncap-aeb-c2c-test-protocol-v303

euro-ncap-aeb-vru-test-protocol-v304

ACEA Articulated Pedestrian Target Specification document version 1.0

ACEA Bicyclist Target Specification document version 1.0

3 术语和定义

以下术语和定义适用于本规程。

3.1

整备质量 unladen kerb mass

处于运行状态的车辆质量,没有驾驶员、乘客和货物,但燃油箱加入占总容量 90%的燃料,并带有随车工具和备胎(如果这些由车辆制造厂作为标准装备提供)。

3.2

最大总质量 Gross Vehicle Mass; GVM

车辆制造厂在技术上允许的汽车满载时的总质量,通常包括车辆本身的质量、乘客和行李的质量以及燃油和其他必要物品的质量。

3.3

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。

3.4

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。

3.5

前向碰撞报警 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。

3.6

自动紧急转向 autonomous emergency steering; AES

实时监测车辆前方和侧方行驶环境，在可能发生碰撞危险时自动控制车辆转向，以避免碰撞或减轻碰撞后果。

3.7

紧急转向辅助 emergency steering assist; ESA

实时监测车辆前方和侧方行驶环境，在可能发生碰撞危险且驾驶员有明确的转向意图时辅助驾驶员进行转向操作。

3.8

主车 subject vehicle; SV

配有本规程所定义的自动紧急制动系统的待测车辆。

3.9

目标车 target vehicle; TV

在主车前方行驶轨迹线上，距离主车最近的前车，它是车辆自动紧急制动车对车系统工作时所针对的对象。

3.10

车间距 clearance

目标车尾部与主车头部之间的距离。

3.11

相对速度 relative velocity

主车与目标之间的纵向速度之差。

相对速度的值相当于两车的车间距的变化率。其正值代表主车比目标速度更高，两者间距随着时间减小。

3.12

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。其值可以通过主车与目标车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。

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

式中：

$X_0(t)$ ——间距；

$V_r(t)$ ——相对速度。

3.13

强化碰撞时间 enhanced time to collision; ETTC

当主车与目标车的加速度不等，且其车速、加速度及车间距满足 $(V_{TV}-V_{SV})^2-2\times(a_{TV}-a_{SV})\times X_0>0$ 的条件时，可以通过式（2）计算强化碰撞时间，强化碰撞时间为考虑主车与目标车的加速度，并假定该加速度保持不变时距碰撞发生的时间，当不满足计算条件或强化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。

$$ETTC = \frac{[-(V_{TV}-V_{SV})-\sqrt{(V_{TV}-V_{SV})^2-2\times(a_{TV}-a_{SV})\times X_0}]}{(a_{TV}-a_{SV})} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

a_{TV} ——目标车加速度；

a_{SV} ——主车加速度。

3. 14

车对车横向距离 lateral offset of V2C

主车车头中心点和目标车车尾中心点与规划路径的距离之差。当主车与目标车中心线与规划路径重合时，横向距离为零。

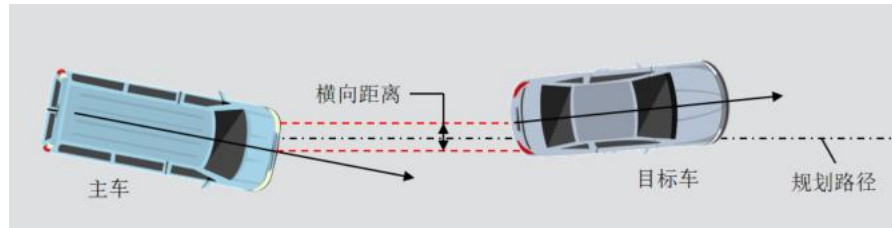


图 1 车对车横向距离

3. 15

行人与骑行者 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. 16

行人与骑行者自动紧急制动系统 autonomous emergency braking vulnerable road user; AEB VRU

能够对行人与骑行者作出反应的自动紧急制动系统。

3. 17

成人假人目标 adult pedestrian target; APT

本规程中所使用的成人假人目标，它是车辆自动紧急制动系统 AEB 工作时所针对的对象。

3. 18

儿童假人目标 child pedestrian target; CPT

本规程中所使用的儿童假人目标，它是车辆自动紧急制动系统 AEB 工作时所针对的对象。

3. 19

自行车骑行者目标 bicyclist target; BT

本规程中所使用的自行车骑行者目标，它是车辆自动紧急制动系统 AEB 工作时所针对的对象。

3. 20

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. 21

车对 VRU 横向距离 lateral offset of V2VRU

主车车头中心点与规划路径距离之差。

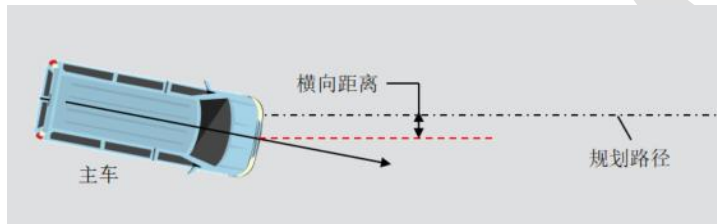


图 2 车对 VRU 横向距离

3. 22

车对 VRU 纵向距离 longitudinal offset of V2VRU

主车车头中心点与目标物在主车规划路径上的距离。

- 行人横穿场景中指主车车头中心与行人手臂外侧在主车规划路径上的距离；
- 行人纵向追尾场景中指主车车头中心与行人臀部后侧在主车规划路径上的距离；
- 自行车骑行者横穿场景中指主车车头中心与自行车骑行者腿部外侧在主车规划路径上的距离；
- 自行车骑行者纵向追尾场景中指主车车头中心与自行车尾部在主车规划路径上的距离。

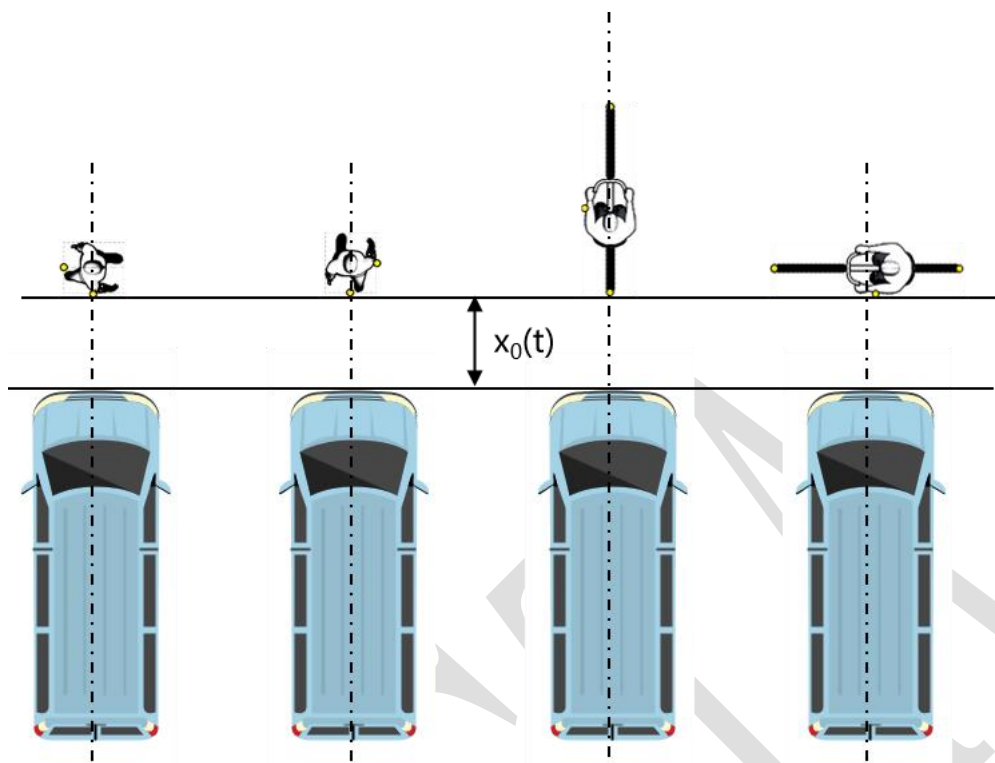


图 3 纵向距离

3. 23

碰撞点 impact point

主车首次与目标物发生碰撞，即纵向距离为零的点。

3. 24

碰撞速度 impact velocity

主车与目标物发生碰撞时的速度。

3. 25

成人近端横穿 25%工况 van to pedestrian nearside adult 25%; VPNA-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，车辆的前部结构会以车辆宽度的 25%位置与目标物发生碰撞。

3. 26

儿童近端横穿单侧遮挡 50%工况 van to pedestrian nearside single obstruction child 50%;

VPNSOC-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

辆的前部结构会以车辆宽度的 50%位置与目标物发生碰撞。

3. 27

成人纵向追尾 25%工况 van to pedestrian longitudinal adult 25%; VPLA-25

车辆向前行驶，该成人在车辆前方同向站立或行走，并且当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会以车辆宽度的 25%位置与目标物发生碰撞。

3. 28

成人远端横穿 50%工况 van to pedestrian farside adult 25%; VPFA-50

车辆向前行驶，该成人在车辆前方从远侧进行横穿，并且在远侧有遮挡，当车辆不施加制动时，车辆的前部结构会以车辆宽度的 50%位置与目标物发生碰撞。

3. 29

成人自行车骑行者近端横穿 50%工况 van to bicyclist nearside adult 50%; VBNA-50

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

3. 30

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

车辆向前行驶，该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，车辆的前部结构会以车辆宽度的 50%位置与目标物发生碰撞。

3. 31

主车倒车儿童横穿 50%工况 van to pedestrian reverse child moving 50%; VPRCm-50

车辆倒车，该儿童行人在车辆后方近端横穿，当车辆不施加制动时，车辆的后部结构会以车辆宽度的 50%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

4.1.1.1 试验路面应为水平、干燥、具有良好附着能力的混凝土或沥青路面，附着系数宜为 0.8 以上。

4.1.1.2 试验过程中，在试验道路两边 3m 以内或者是静止目标车前方 30m 内不能有任何车辆、障碍物

或其他影响试验的物体。路面上方的标志物、桥梁及其他物体或建筑必须高于路面 5m。

4.1.2 环境要求

4.1.2.1 气候条件良好，无降雨、降雪、冰雹、扬尘等恶劣天气情况。

4.1.2.2 温度在 0°C~42°C 之间。

4.1.2.3 风速应低于 5m/s。

4.1.2.4 白天开展的试验应在均匀的自然光照条件下进行，光照度不小于 2000lux，除非制造厂商对光照度要求的下限值更低；试验道路无明显阴影，车辆不能朝向或背离太阳行驶。夜间开展的试验，光照强度应小于 15lux。

4.1.2.5 温度、风速、光照度等环境参数每 10 分钟记录一次。

4.1.3 设备要求

4.1.3.1 目标车要求

可使用与 M1 类乘用车、卡车尾部、物流三轮车、踏板摩托车具有相同反射特性的假车作为目标车。如果企业认为 TV 不能满足 SV 传感器对目标的要求，请直接联系 IVISTA 管理中心。

4.1.3.2 数据采集要求

试验设备要满足动态数据的采样及存储要求，采样和存储频率至少为 100Hz。其中数据采集精度必须满足以下要求：

- a) SV、TV 的速度精度为 0.1km/h；
- b) SV、TV 的纵向加速度精度为 0.1m/s²；
- c) SV、TV 的横向和纵向位置精度为 0.03m；
- d) SV、TV 的横摆角速度精度为 0.1°/s；
- e) SV、TV 的转向盘角速度精度为 1.0°/s。

4.1.4 车辆准备

4.1.4.1 系统初始化

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，整个过程可由制造厂商协助进行。

4.1.4.2 车辆状态确认

4.1.4.2.1 试验车辆应为新车，行驶里程不高于 5000km。

4.1.4.2.2 试验车辆应使用厂家指定的全新原厂轮胎，轮胎气压应为空载状态的冷胎气压。

4.1.4.2.3 安装试验设备前应拆除转向盘安全气囊；若车辆安装“主动机罩系统”，则在安装试验设备前关闭。

4.1.4.2.4 测试车辆燃油量应不少于油箱容量的 90%，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；在试验期间，车辆燃油量可能会降低，但不得低于 50%。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。

4.1.4.2.5 试验车辆的质量应为 SV 半载，配重质量计算如下：

$$(\text{驾驶员+仪器设备}) \text{质量} + \text{配重} = (\text{车辆总重} - \text{整备质量}) / 2$$

4.1.4.2.6 对于可外接充电的新能源车辆，按照 GB/T 18385-2024 中 5.1 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%。

4.1.4.3 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。

4.1.4.4 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报警级别设置为中间或中间偏早一级。

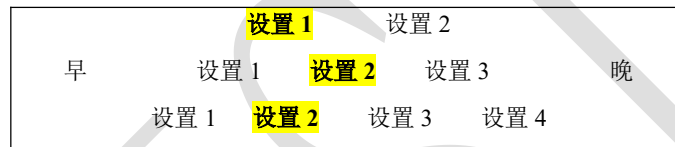


图 4 AEB 和/或 FCW 系统设置

4.1.4.5 制动系统预热

- 在试验开始之前，以 56km/h 的初速度，约 $5\text{m/s}^2 \sim 6\text{m/s}^2$ 的平均减速度制动到速度为零，反复进行 10 次；
- 以 75km/h 的初速度，全力制动到速度为零，反复进行 3 次；
- 以 75km/h 的速度行驶 5min，冷却制动系统；
- 两次正式试验间隔至少 3min；试验过程中，如果主车静止时间大于 15min，则要以 75km/h 的初速度，不小于 7m/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；
- 制动系统最后一次预热和正式试验相隔至少 3min。

4.2 车对 VRU 试验要求

4.2.1 试验场地要求

4.2.1.1 试验路面应为水平、干燥、具有良好附着能力的混凝土或沥青路面，附着系数宜为 0.8 以上。

4.2.1.2 试验过程中，行人横穿试验在主车行驶路径右侧 6m、左侧 6m 内以及主车试验结束前方 30m 内不能有任何车辆、障碍物，或其他影响试验的物体（除去试验背景车辆）；自行车横穿试验在主车行驶路径右侧 21m，左侧 6m 内以及主车试验结束前方 30m 内不能有任何车辆、障碍物，或其他影响试验的物体；路面上方的标志物、桥梁及其他物体或建筑必须高于路面 5m。

4.2.2 环境要求

4.2.2.1 气候条件良好，无降雨、降雪、冰雹、扬尘等恶劣天气情况。

4.2.2.2 温度在 0°C~42°C 之间。

4.2.2.3 风速应低于 5m/s。

4.2.2.4 白天开展的试验应在均匀的自然光照条件下进行，光照度不小于 2000lux，除非制造厂商对光照度要求的下限值更低；试验道路无明显阴影，车辆不能朝向或背离太阳行驶。夜间开展的试验，光照强度应小于 15lux。

4.2.2.5 温度、风速、光照度等环境参数每 10 分钟记录一次。

4.2.3 设备要求

4.2.3.1 目标假人和自行车要求

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。如果企业认为 APT、CPT、BT 不能满足 SV 传感器对目标的要求，请直接联系 IVISTA 测试评价部。

4.2.3.2 数据采集要求

试验过程使用的所有设备要满足动态数据的采样及存储要求，采样和存储频率至少为 100Hz。目标车与主车使用 DGPS 时间进行数据同步。其中数据采集精度必须满足以下要求：

- a) SV、APT、CPT、BT 的速度精度为 0.1km/h；
- b) SV、APT、CPT、BT 的纵向加速度精度为 0.1m/s²；
- c) SV、APT、CPT、BT 的横向和纵向位置精度为 0.03m；
- d) SV 的横摆角速度精度为 0.1°/s；
- e) SV 的转向盘角速度精度为 1.0°/s。

4.2.4 车辆准备

4.2.4.1 系统初始化

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，整个过程可由制造厂商协助进行。

4.2.4.2 车辆状态确认

4.2.4.2.1 试验车辆应为新车，行驶里程不高于 5000km。

4.2.4.2.2 试验车辆应使用厂家指定的全新原厂轮胎，轮胎气压应为空载状态的冷胎气压。

4.2.4.2.3 安装试验设备前应拆除转向盘安全气囊；若车辆安装“主动机罩系统”，则在安装试验设备前关闭。

4.2.4.2.4 试验前车辆燃油量应达到油箱容积 90%以上，并在试验过程中维持至少 75%的容量；全车其他油、水等液体，如冷却液、制动液、机油等，确保至少达到最低指示位置，若无最低指示位置则加满。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。

4.2.4.2.5 安装试验设备并进行配载，试验设备应安装在车辆副驾驶一侧的位置上。配载后应达到 3.5 试验质量的要求：

同时调整配载分布，在包含驾驶员的情况下，车辆前后轴负载率与满油空载时负载率之间的差值应小于 5%，调整之后将配载及设备固定牢靠。

4.2.4.2.6 对于可外接充电的新能源车辆，按照 GB/T 18385-2024 中 5.1 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%。

4.2.4.3 功能检查

设备安装前，主车以高于最低激活车速的速度行驶，以静态成人假人为目标进行 3 次试验，用以检查系统能否正常工作。

4.2.4.4 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报警级别设置为中间或中间偏早一级。

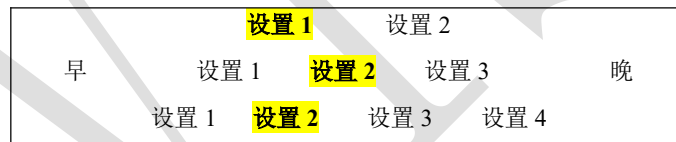


图 5 AEB 和/或 FCW 系统设置

4.2.4.5 制动系统预热

- 在试验开始之前，以 56km/h 的初速度，约 $5\text{m/s}^2\sim 6\text{m/s}^2$ 的平均减速度制动到速度为 0，反复进行 10 次；
- 以 75km/h 的初速度，全力制动到速度为零，反复进行 3 次；
- 以 75km/h 的速度行驶 5min，冷却制动系统；
- 两次正式试验间隔至少 3min；试验过程中，如果主车静止时间大于 15min，则要以 75km/h 的初速度，不小于 7m/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；
- 制动系统最后一次预热和正式试验相隔至少 3min。

4.2.5 夜间试验要求

4.2.5.1 背景照度

背景照度作为路灯照明的附加值，测量时应关闭所有灯具和车灯，测量位置在碰撞点处，即图 6 中所示的 M 点，背景照度的最大值应小于 1lux。

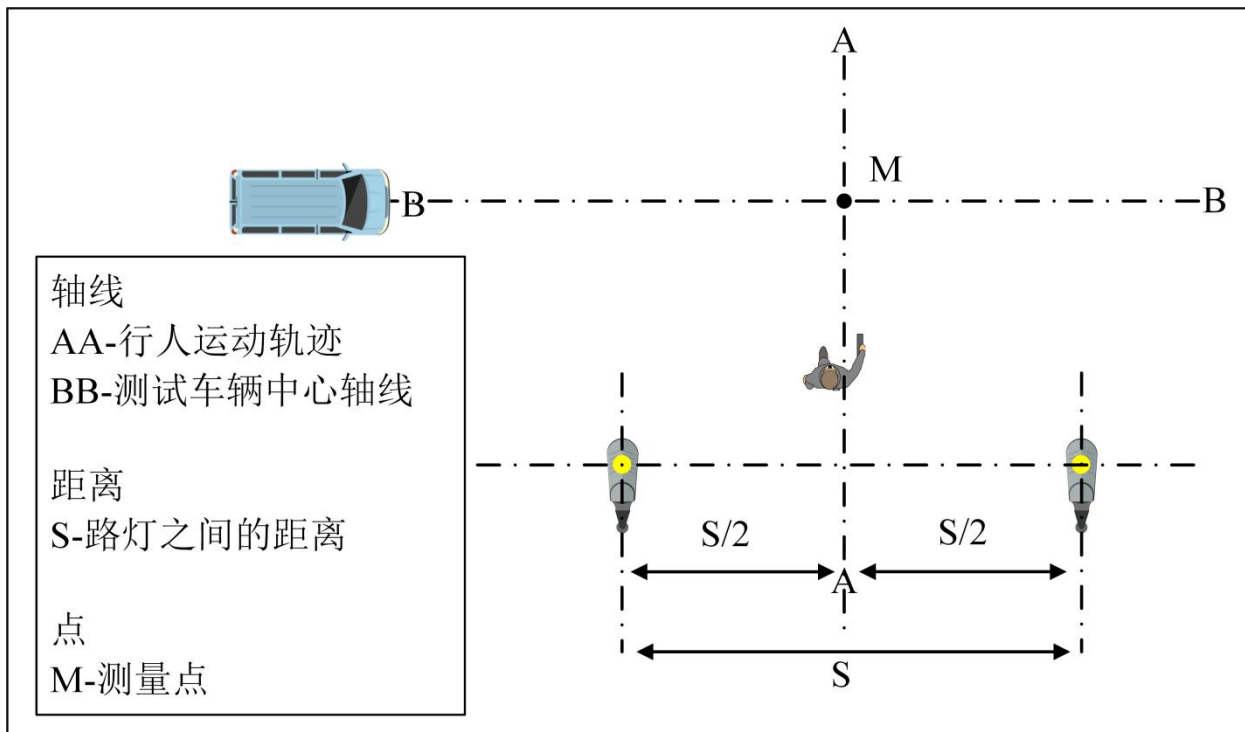


图 6 背景照度测量

4.2.5.2 主车路径上的照度

主车路径上的照度值应测量主车路径上 11 个点 $I_1 \dots I_{11}$ 的照度，如图 7 所示，再计算这 11 个点的平均照度 \bar{I} ，如式 (3) 所示。测量时打开路灯照明，平均照度的范围应在 $16\text{lux} < \bar{I} < 22\text{lux}$ 。

$$I = \frac{1}{11} \sum_{i=1}^{11} I_i \dots \dots \dots (3)$$

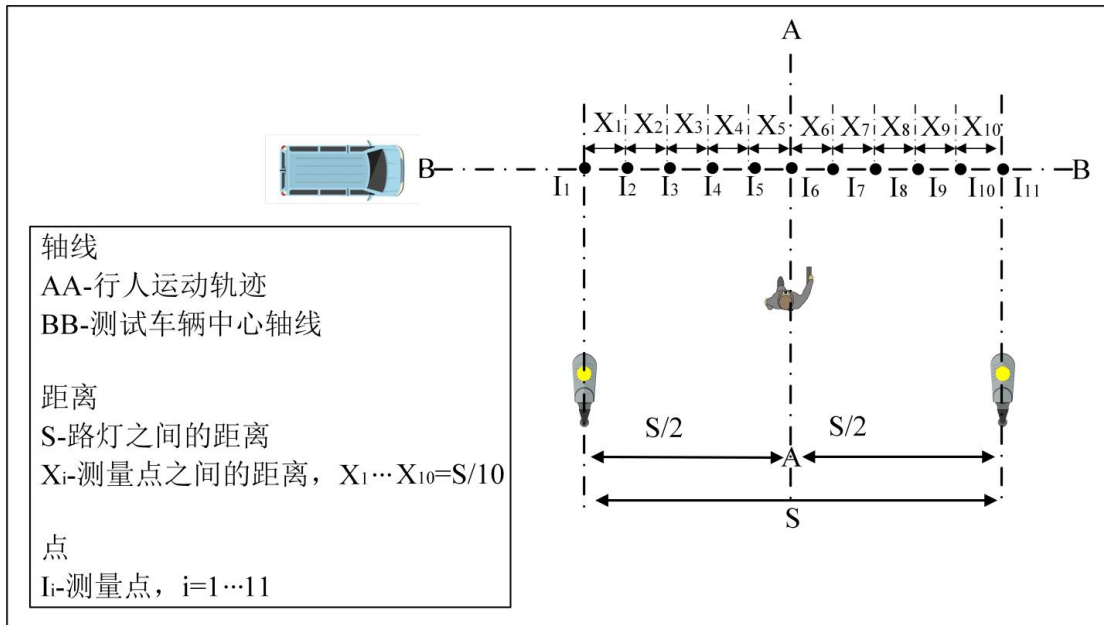


图 7 主车路径上的照度测量

4.2.5.3 行人路径上的照度

行人路径上的照度值应测量行人路径上的 6 个点 $I_1 \dots I_6$ 的照度, 如图 8 所示, 每个点的照度值应不低于 5lux。

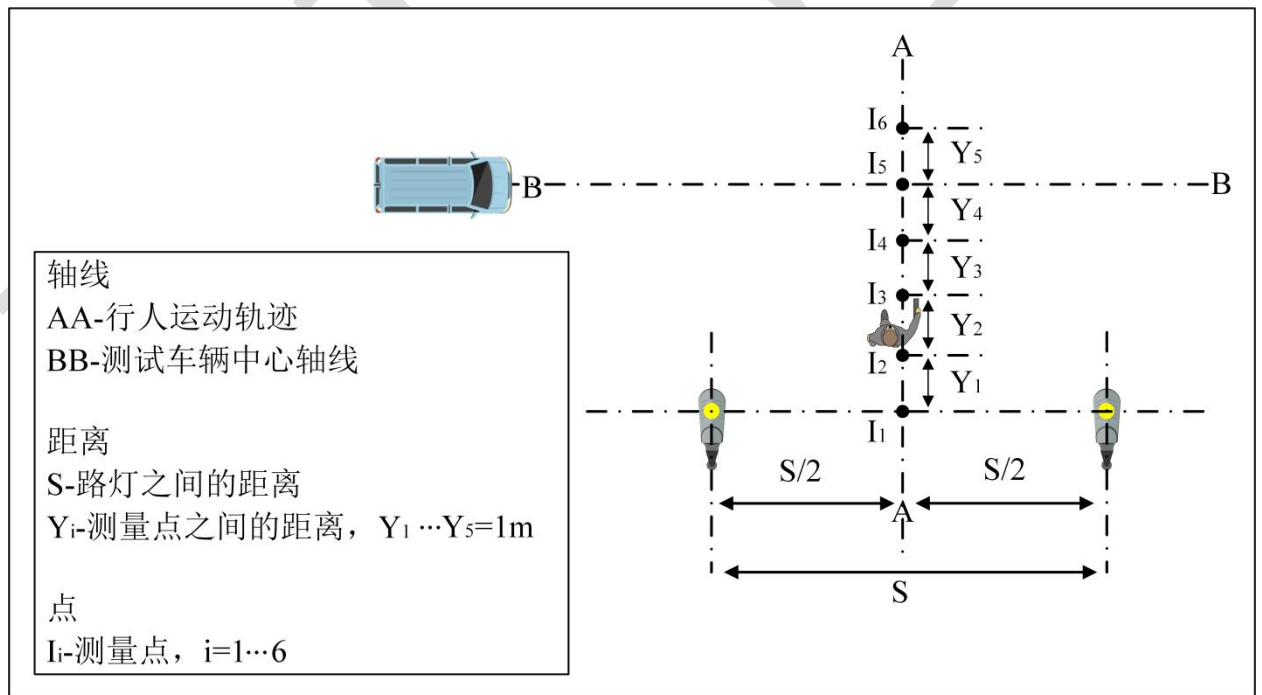


图 8 行人路径照度测量

4.2.5.4 路灯安装

行人路径处于灯 3 和灯 4 的中间, 如图 9 所示, 照明设备间距 $S = (25 \pm 0.5) m$; 照明设备光源与主车路径间距 $D = (4 \pm 0.1) m$; 照明设备光源高度 $H = (5 \pm 0.1) m$; 地面和灯杆的角度 $\alpha = (90 \pm 0.1)^\circ$ 。

照明设备安装完成后，应保证主车行驶路径右侧 4m、左侧 6m 内无障碍物。

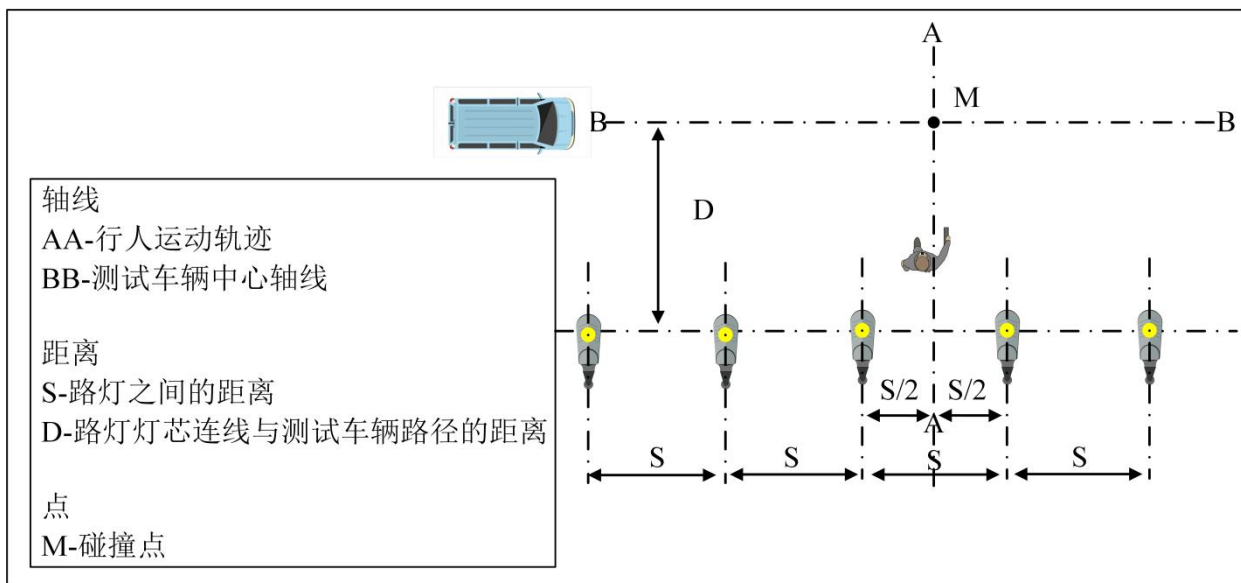


图 9 路灯安装位置

5 试验方法

5.1 车对车试验方法

5.1.1 FCW 功能试验

5.1.1.1 目标车静止场景

5.1.1.1.1 试验概述

本场景用于考察主车识别前方静止目标车并进行报警的能力，试验工况如表 1 所示。

表 1 FCW 目标车静止工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	目标物类型	试验次数	光照条件
70km/h	0	80m	乘用车	3	白天
70km/h	0	80m	卡车	3	白天

5.1.1.1.2 试验步骤

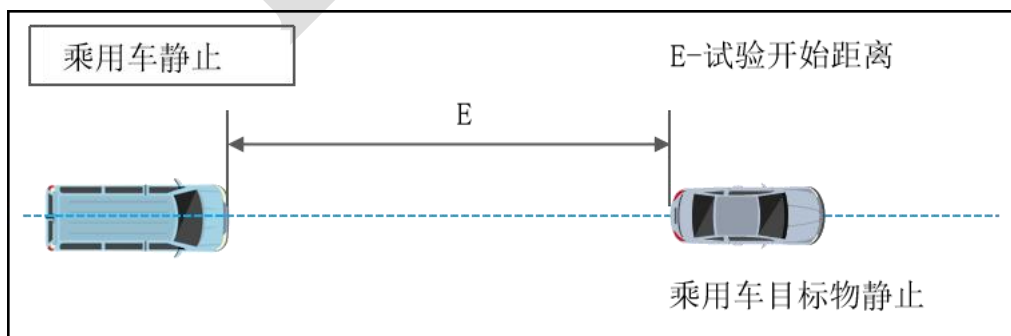


图 10 FCW 乘用车静止工况

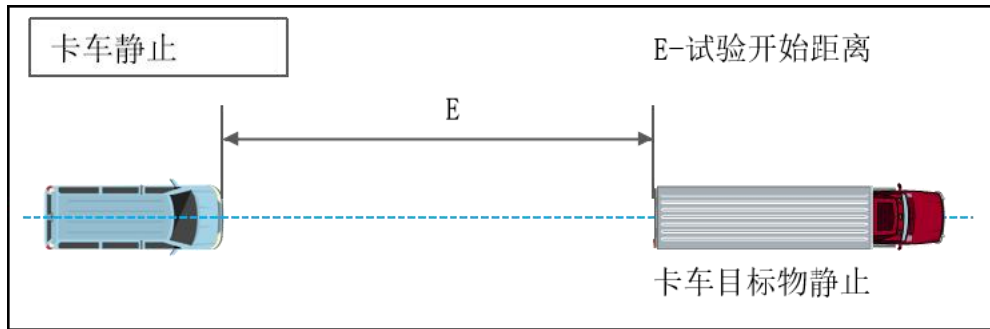


图 10 FCW 卡车静止工况（续）

- a) 目标车静止停在试验道路的中间，车辆纵向轴线应与车道线平行且与主车行驶方向一致；
- b) 设置目标车尾部为碰撞点，用于记录两车的纵向及横向相对位置，每次试验的碰撞点应相同；
- c) 主车加速到 70km/h，车间距达到 80m 时，开始正式试验并记录有效数据；
- d) 主车检测到目标车后，当 $TTC \geq 2.1s$ 时 FCW 报警，或当 $TTC < 1.9s$ 时 FCW 仍未报警，则试验结束；
- e) 试验结束后，控制主车转向或制动，以避免碰撞目标车。

5.1.1.1.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，试验开始后，主车车速应保持在 (70 ± 1) km/h；
- b) 调节转向盘使主车和目标车中心轴线时刻保持在试验车道中间，试验开始后，转向盘角速度不超过 $15^\circ/s$ ，两车横向距离不能超过 $\pm 0.2m$ ；
- c) 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，试验开始后主车的横摆角速度不超过 $\pm 1.0^\circ/s$ ；
- d) 试验开始后，主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ 。

5.1.2 AEB 功能试验

5.1.2.1 乘用车静止场景

5.1.2.1.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能对于前方静止车辆的识别和自动制动的能力，试验工况如表 2 所示。

表 2 AEB 目标车静止工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	目标物类型	重叠率	试验次数	光照条件
30km/h	0	40m	乘用车	100%	3	白天
40km/h	0	50m	乘用车	100%	3	白天
50km/h	0	60m	乘用车	100%	3	白天

5.1.2.1.2 试验步骤

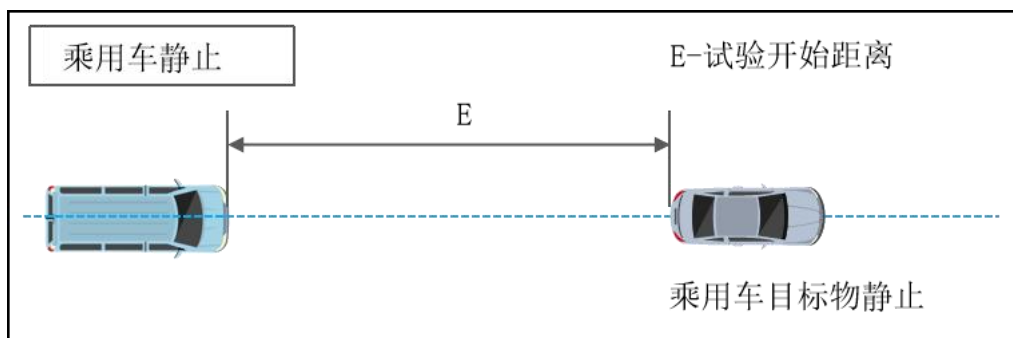


图 11 AEB 乘用车静止工况

- a) 目标车静止停在试验道路的中间，车辆纵向轴线应与车道线平行且与主车行驶方向一致；
- b) 设置目标车尾部为碰撞点，用于记录两车的纵向及横向相对位置，每组试验的碰撞点应相同；
- c) 主车在达到试验开始距离前慢慢加速至 (30 ± 1) km/h、 (40 ± 1) km/h、 (50 ± 1) km/h，逐渐靠近目标车；
- d) 两车车间距缩小至 40m 或 50m 或 60m 时，达到 30~50km/h 的稳定车速，试验开始并记录数据；
- e) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞，认为该次试验结束。

5.1.2.1.3 试验要求

- a) 试验过程应尽量少的调节转向盘，转向盘角速度不超过 $15^\circ/s$ ；接近过程中，主车与目标车的横向距离不超过 $\pm 0.2m$ ；
- b) 接近过程中，主车横摆角速度保持 $\pm 1.0^\circ/s$ 以内；
- c) 速度保持在 (30 ± 1) km/h、 (40 ± 1) km/h、 (50 ± 1) km/h，试验结束前不能触碰制动踏板；
- d) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ 。

5.1.2.2 卡车目标物静止工况

5.1.2.2.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能对于前方静止车辆的识别和自动制动的能力，试验工况如表 3 所示。

表 3 AEB 卡车目标物静止工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	目标物类型	重叠率	试验次数	光照条件
45km/h	0	55m	卡车	100%	3	白天
50km/h	0	60m	卡车	100%	3	夜晚
55km/h	0	65m	卡车	100%	3	白天
60km/h	0	70m	卡车	100%	3	夜晚

5.1.2.2.2 试验步骤

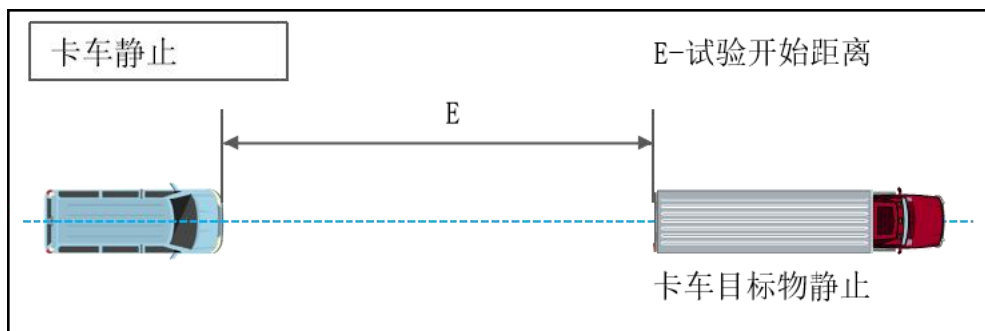


图 12 卡车静止工况

- a) 目标车静止停在试验道路的中间，车辆纵向轴线应与车道线平行且与主车行驶方向一致；
- b) 设置目标车尾部为碰撞点，用于记录两车的纵向及横向相对位置，每组试验的碰撞点应相同；
- c) 主车在距离目标车大于试验开始距离时，开始慢慢加速至 (45 ± 1) km/h、 (50 ± 1) km/h、 (55 ± 1) km/h、 (60 ± 1) km/h，逐渐靠近目标车；
- d) 两车车间距缩小至试验开始距离时，达到稳定车速，试验开始并记录数据；
- e) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞，认为该次试验结束。

5.1.2.2.3 试验要求

- a) 试验开始后，主车转向盘角速度不超过 $15^\circ/\text{s}$ ；
- b) 接近过程中，主车与目标车的横向距离不超过 $\pm 0.2\text{m}$ ；
- c) 接近过程中，主车横摆角速度不超过 $\pm 1.0^\circ/\text{s}$ ；
- d) 主车速度保持在 (45 ± 1) km/h、 (50 ± 1) km/h、 (55 ± 1) km/h、 (60 ± 1) km/h，试验结束前不能触碰制动踏板；
- e) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ ；
- f) 针对夜间工况，试验过程中无背景照明，主车打开远光灯。

5.1.2.3 三轮车目标物静止工况

5.1.2.3.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能对于前方静止快递三轮车的识别和避撞能力。试验工况如表 4 所示。

表 4 快递三轮车目标车静止工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	目标物类型	重叠率	试验次数	光照条件
20km/h	0	30m	三轮车	100%	3	白天
40km/h	0	50m	三轮车	100%	3	白天

5.1.2.3.2 试验步骤

- a) 目标车静止停在试验道路的中间，车辆纵向轴线应与车道线平行且与主车行驶方向一致；
- b) 设置目标车尾部为碰撞点，用于记录两车的纵向及横向相对位置，每组试验的碰撞点应相同；
- c) 主车在距离目标车大于试验开始距离时，开始慢慢加速至 (20 ± 1) km/h、 (40 ± 1) km/h，逐渐靠近目标车；
- d) 两车车间距缩小至试验开始距离时，达到 (20 ± 1) km/h、 (40 ± 1) km/h 的稳定车速，试验

开始并记录数据；

- e) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞，认为该次试验结束。

5.1.2.3.3 试验要求

- a) 试验开始后，主车转向盘角速度不超过 $15^\circ/s$ ；
- b) 接近过程中，主车与目标车的横向距离不超过 $\pm 0.2m$ ；
- c) 接近过程中，主车横摆角速度不超过 $\pm 1.0^\circ/s$ ；
- d) 主车速度保持在 $(20\pm 1) km/h$ 、 $(40\pm 1) km/h$ ，试验结束前不能触碰制动踏板；
- e) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ ；
- f) 两车车速达到稳定后，主车逐渐靠近目标车，当两车纵向距离缩小至 $30m$ 或 $50m$ 时，试验开始并记录有效数据；

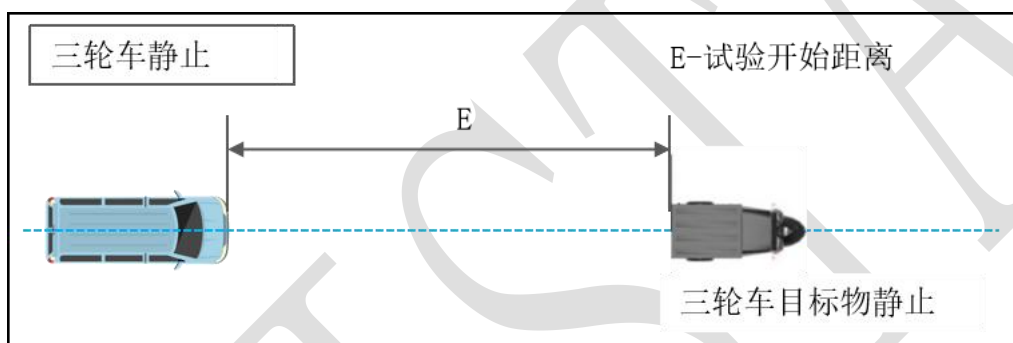


图 13 AEB 三轮车静止工况

5.1.2.4 目标车低速场景

5.1.2.4.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能对于前方低速行驶的目标车的识别和自动制动的能力。试验工况如表 5 所示。

表 5 AEB 乘用车目标物低速工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	目标物类型	重叠率	试验次数	光照条件
40km/h	20km/h	50m	乘用车	100%	3	白天
50km/h	20km/h	60m	乘用车	100%	3	白天

5.2.2.4.2 试验步骤

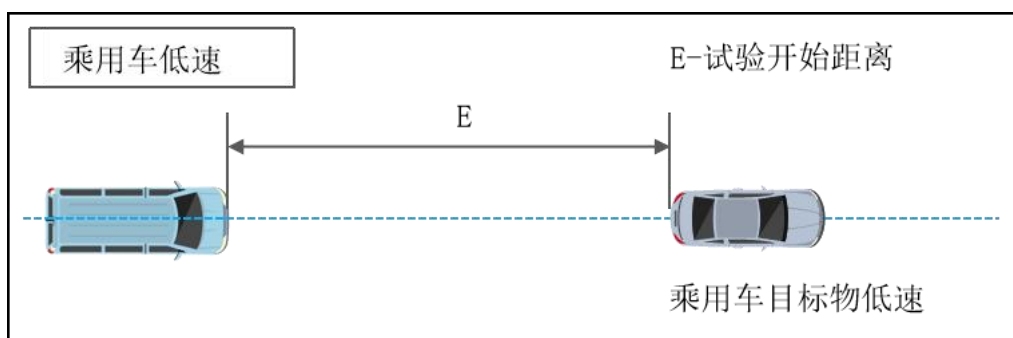


图 14 AEB 乘用车低速工况

- a) 目标车先加速至 20km/h，沿试验车道中心线向前行驶；
- b) 主车在两车相距大于试验开始距离时，开始加速至 (40 ± 1) km/h、 (50 ± 1) km/h，主车纵轴线与目标车纵轴线重合；
- c) 两车车速达到稳定后，主车逐渐靠近目标车，当两车纵向距离缩小至试验开始距离时，试验开始并记录有效数据；
- d) 主车检测到目标车后触发紧急制动，主车减速至避免碰撞或两车碰撞后试验结束。

5.1.2.4.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，主车车速应保持在 (40 ± 1) km/h 或 (50 ± 1) km/h，目标车车速应保持在 (20 ± 1) km/h；
- b) 主车与目标车转向盘角速度不超过 $15^\circ/s$ ；两车横向距离不超过 $\pm 0.2m$ ；
- c) 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，主车的横摆角速度不超过 $\pm 1^\circ/s$ ；
- d) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$

5.1.2.5 目标车制动场景

5.1.2.5.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能主车识别前方突然减速车辆并进行报警的能力，试验工况如表 6 所示。

表 6 AEB 乘用车目标车减速工况

主车车速	目标车车速	目标物类型	试验开始距离	目标车减速度	试验次数	光照条件
50km/h	50km/h	乘用车	12m/40m	$-2m/s^2$	3	白天

5.1.2.5.2 试验步骤

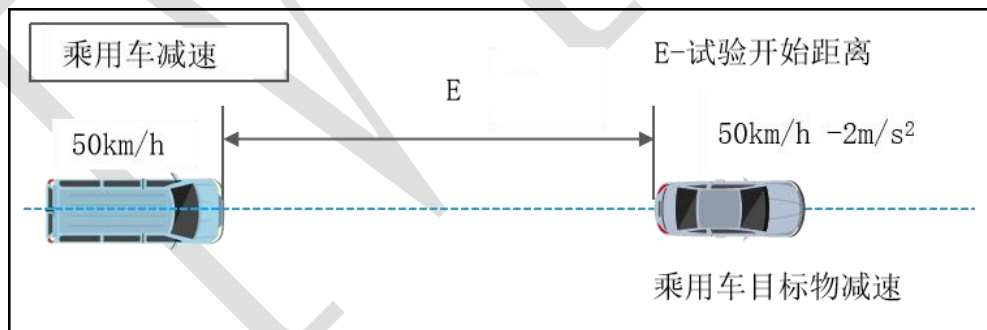


图 15 AEB 乘用车减速工况

- a) 主车和目标车开始加速到 50km/h，均保持在试验车道中间行驶，调整两车的车间距为 12m/40m；
- b) 稳定 3s 后，目标车在 1.0~1.5s 之间达到 $(-2m/s^2)$ 的减速度，直到速度为零；
- c) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞时，则试验结束；

5.1.2.5.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，试验开始后，主车和目标车车速应保持在 50 ± 1 km/h；
- b) 调节转向盘使主车和目标车中心轴线时刻保持在试验车道中间，试验开始后，转向盘角速度不超过 $15^\circ/s$ ，两车横向距离不能超过 $\pm 0.2m$ ；

- c) 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，试验开始后两车的横摆角速度不超过 $\pm 1.0^\circ/s$;
- d) 试验开始后，主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$;
- e) 目标车在 1.0~1.5s 之间达到 $-2m/s^2$ 的稳定减速度;
- f) 当 FCW 报警时，目标车的减速度可接受的误差范围为 $\pm 0.2m/s^2$ 。刚开始调整减速时，目标车初始减速度可高于目标减速值，但不能持续高于 $2.5m/s^2$ 超过 50ms。从减速峰值发生后 500ms 后到 FCW 报警发生中间阶段，减速度不能超过 $2.2m/s^2$;
- g) 目标车开始减速前，目标车和主车之间的纵向距离应保持试验开始距离至少 3s。

5.1.2.6 主车左转踏板摩托车直行场景

5.1.2.6.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能主车转弯，识别对向直行踏板摩托车并进行制动的能力，试验工况如表 7 所示。

表 7 AEB 主车左转踏板摩托车直行工况

主车车速	目标车车速	目标物类型	试验次数	光照条件
15km/h	20km/h	踏板摩托车	3	白天

5.1.2.6.2 试验步骤

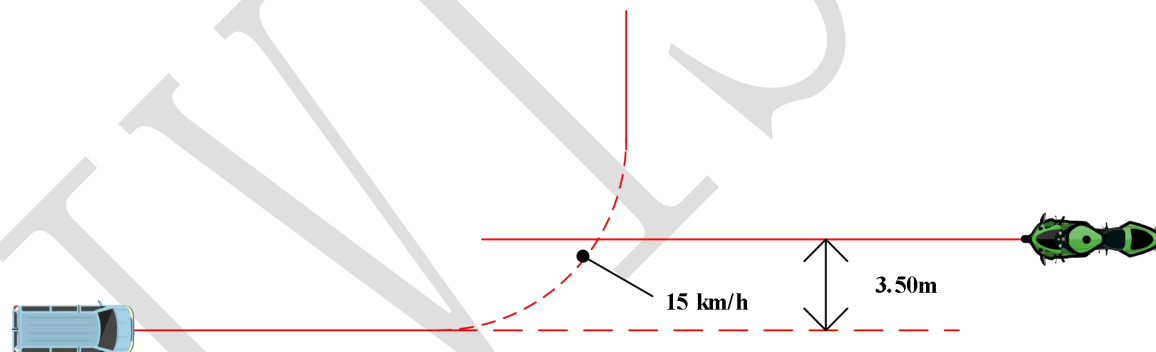


图 16 主车左转踏板摩托车直行工况

- a) 对于该场景，主车的初始路径为直线，随后进行转向（按照表 8 所规定的左转参数表），然后再回到直线路径，以下称为测试路径。
- b) 踏板摩托车将沿着与主车初始位置相邻的车道直线行驶，方向与主车相反。两车直线路径间距为 3.50m。
- c) 主车与踏板摩托车的纵向路径误差在 ± 0.2 米范围内。
- d) 该场景主车的速度为 15 ± 1 km/h 与踏板摩托车的速度为 20 ± 1 km/h。
- e) 表 8 所示参数应用于创建测试路径，其中在 T_{steer} 前不少于 1.0 秒打左转向灯。
- f) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞时，则试验结束；

表 8 主车左转参数表

主车速度	第一部分			第二部分			第三部分		
	起始半径 (m)	结束半径 (m)	角度 (°)	起始半径 (m)	结束半径 (m)	角度 (°)	起始半径 (m)	结束半径 (m)	角度 (°)
15km/h	1500	11.75	20.93	11.75	11.75	48.14	11.75	1500	20.93

5.1.2.6.3 试验要求

- 保持速度稳定，主车车速应保持在 (15 ± 1) km/h，目标车车速应保持在 (20 ± 1) km/h；
- 主车与目标车转向盘角速度不超过 $15^\circ/\text{s}$ ；
- 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，主车的横摆角速度不超过 $\pm 1^\circ/\text{s}$ ；
- 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ 。

5.1.2.7 主车直行踏板摩托车远端横穿场景

5.1.2.7.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能主车直行，识别横穿踏板摩托车并进行制动的能力，试验工况如表 9 所示。

表 9 AEB 主车直行踏板摩托车横穿工况

主车车速	目标车车速	目标物类型	试验次数	光照条件
35km/h	20km/h	踏板摩托车	3	白天
45km/h	20km/h	踏板摩托车	3	白天

5.1.2.7.2 试验步骤

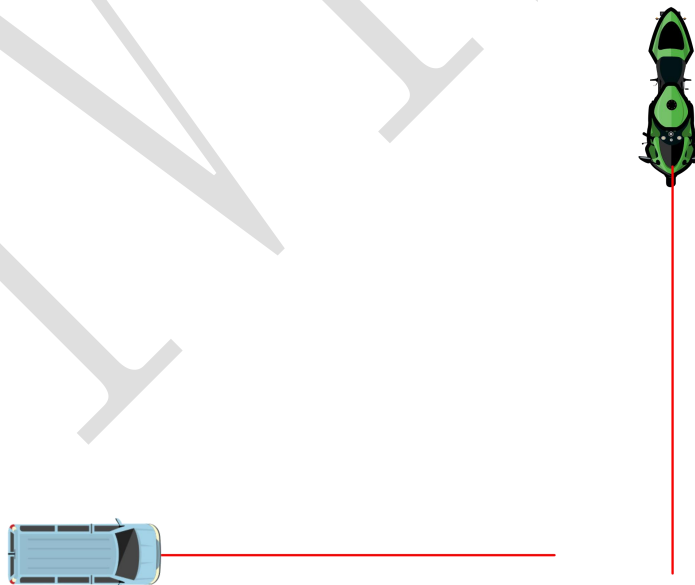


图 17 主车直行踏板摩托车横穿工况

- 主车沿直线接近并直行通过交叉路口，路径偏差为 $\pm 0.1\text{m}$ 。
- 踏板摩托车路径为垂直主车路径的车道中心线，横穿交叉路口，路径偏差为 $\pm 0.1\text{m}$ 。

- c) 主车与踏板摩托车分别加速到 (35±1)、(45±1) km/h 与 (20±1) km/h。
- d) 路径将同步, 使得主车的前端中心与踏板摩托车的侧面碰撞, 碰撞点位于踏板摩托车长度的 25% 处。
- e) 当主车与目标车发生碰撞或者避免碰撞时, 则试验结束;

5.1.2.7.3 试验要求

- a) 保持速度稳定, 主车车速应保持在 (35±1) km/h 或 (45±1) km/h, 目标车车速应保持在 (20±1) km/h;
- b) 主车与目标车转向盘角速度不超过 15°/s; 两车横向距离不超过±0.2m;
- c) 主车在试验结束前不能踩制动踏板, 不能突然制动或转向, 主车的横摆角速度不超过±1°/s;
- d) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的±5%。

5.1.3 高级辅助功能验证试验

5.1.3.1 FCW 辅助报警形式

根据本规程 5.1.2.1 中主车 50km/h, 乘用车目标车静止的试验工况, 判定 FCW 的辅助报警形式。

5.1.3.2 主动式安全带预紧功能

根据本规程 5.1.2.1 中主车 50km/h, 乘用车目标车静止的试验工况, 判定是否具备主动式安全带预紧功能 (要求可重复使用)。

5.1.3.3 紧急转向避撞功能

具备紧急转向避撞功能 (例如 AES、ESA) 的车辆, 根据车辆制造商提供的验证方案进行验证。

5.2 车对 VRU 试验方法

5.2.1 概述

本试验主要分为行人 AEB 功能试验和自行车骑行者 AEB 功能试验, 每个试验工况进行 3 次试验, 若前两次都避撞, 则不进行第 3 次试验。

5.2.2 AEB 车对行人试验

本部分用于评价主车 AEB 系统对于车辆前方纵向行人、前方横穿行人的识别和避撞能力, 试验工况如表 10 所示。

表 10 AEB 车对行人工况

评价项目		试验场景	主车车速	目标物速度	假人运动方向	光照条件	假人类型
AEB 行人功能	AEB	VPNA-25	20	5km/h	横向	白天	APT
			40				
		VPNSOC-50	20	5km/h	横向	白天	CPT
			40				
		VPNA-25	20	5km/h	横向	夜晚	APT
			40				

表 10 AEB 车对行人工况（续）

评价项目		试验场景	主车车速	目标物速度	假人运动方向	光照条件	假人类型
AEB 行人功能	AEB	VPLA-25	25	5km/h	纵向	白天	APT
			45				
		VPFA-50	20	5km/h	横向	夜晚	APT
			40				
	VPRCm-50	10	5km/h	横向	白天	CPT	

5.2.2.1 试验步骤

5.2.2.1.1 成人近端横穿 25%工况/VPNA-25 工况

目标假人 APT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段 1m 加速至 5km/h 并保持匀速移动，主车分别以 20km/h、40km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 25%处，如图 18 中所示的 M 点，主车距离假人行驶路径 50m 时开始记录数据，该工况在白天和夜晚都进行试验。

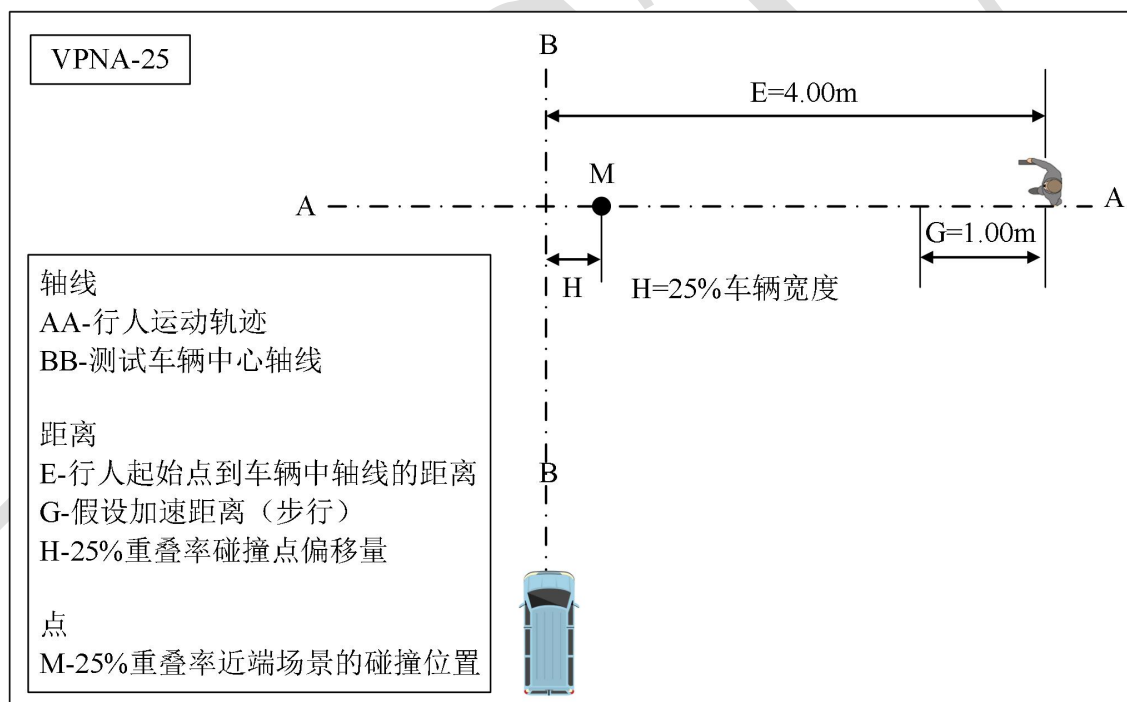


图 18 VPNA-25 工况

5.2.2.1.2 儿童近端横穿遮挡 50%工况/VPNSOC-50 工况

目标假人 CPT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段 1m 加速至 5km/h 并保持匀速移动，主车分别以 20km/h、40km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 50%处，如图 19 中所示的 L 点，主车距离假人行驶路径 50m 时开始记录数据，该工况在白天进行试验。

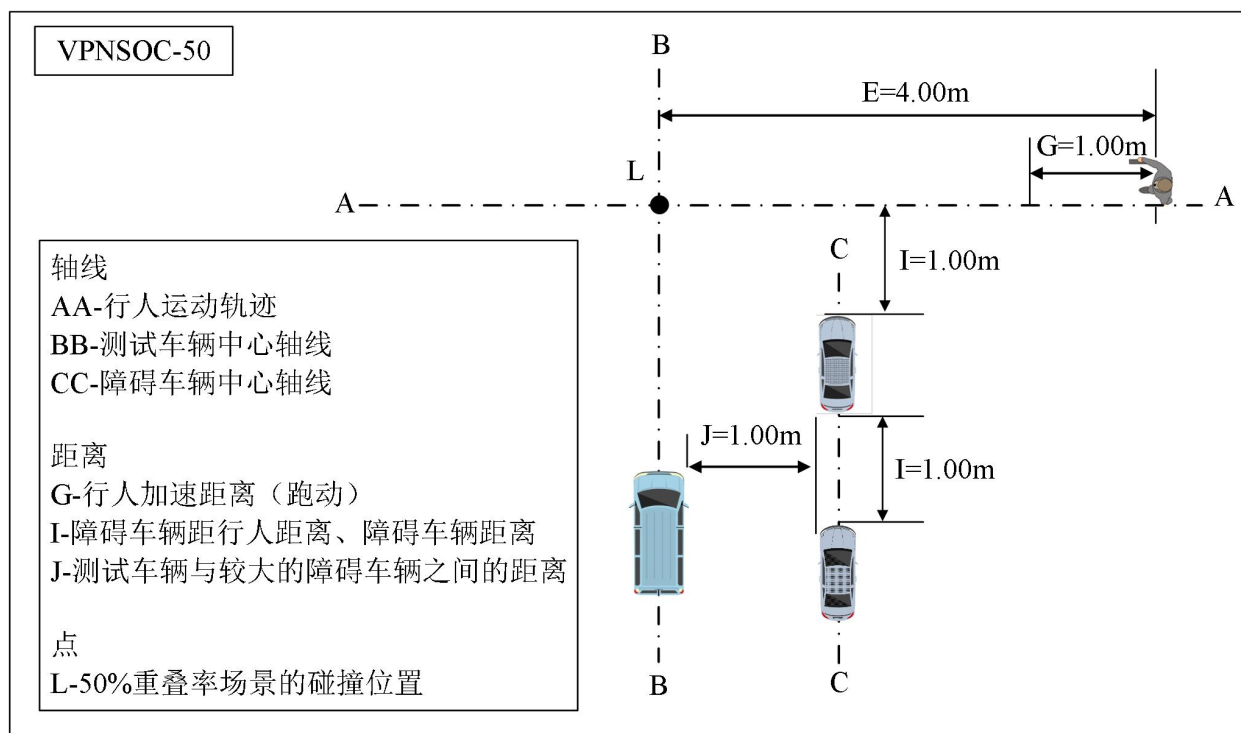


图 19 VPNSOC-50 工况

5.2.2.1.3 成人远端横穿 50%工况/VPFA-50 工况

目标假人 APT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段 1m 加速至 5km/h 并保持匀速移动，主车分别以 20km/h、40km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 50%处，如图 20 中所示的 M 点，主车距离假人行驶路径 50m 时开始记录数据，该工况在夜晚进行试验。

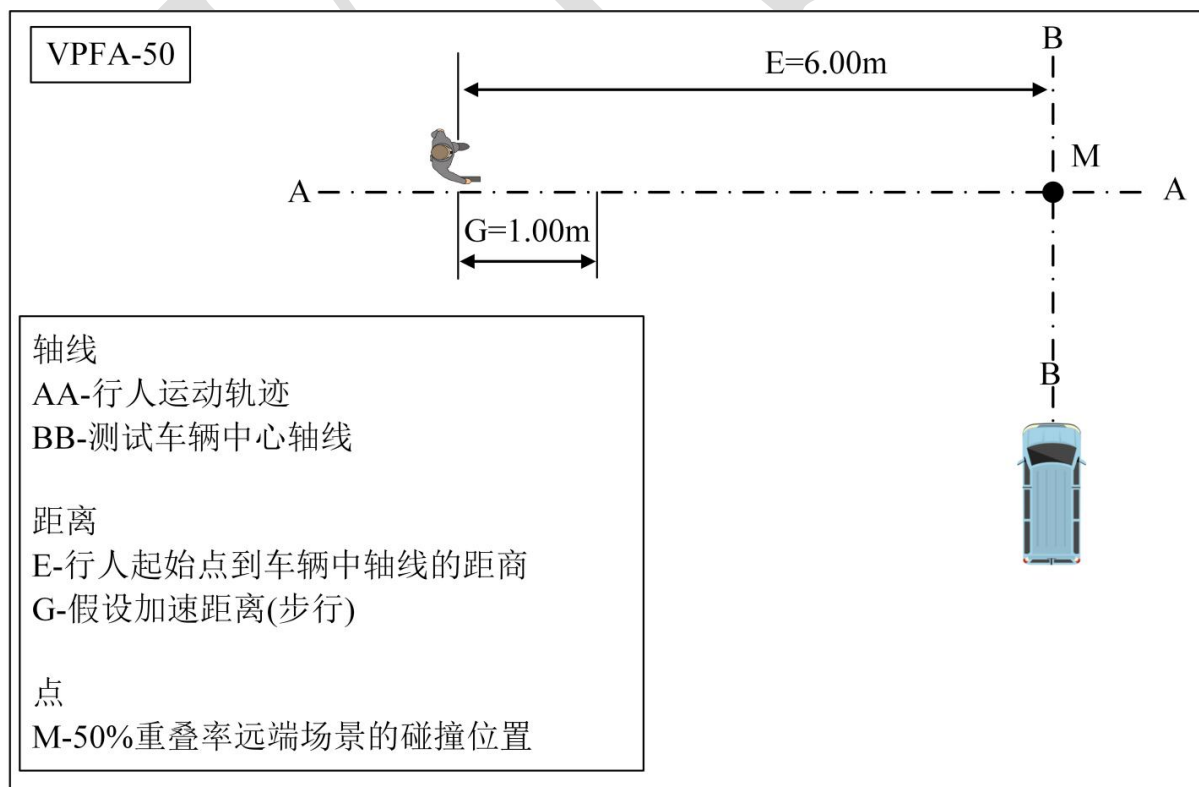


图 20 VPFA-50 工况

5.2.2.1.4 成人纵向 25%工况/VPLA-25 工况

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，主车分别以 25 km/h、45km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 25%处，如图 21 中所示 M 点，主车距离假人行驶路径 50m 时开始记录数据，该工况在白天进行试验。

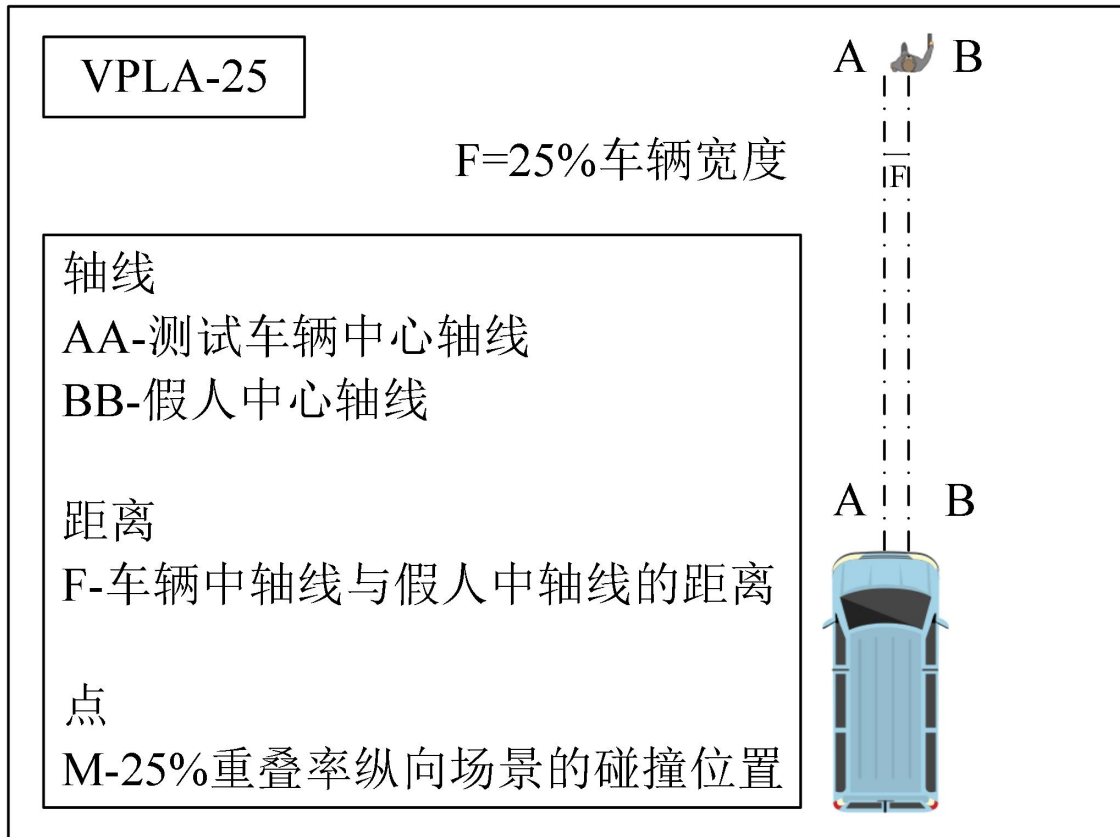


图 21 VPLA-25 工况

5.2.2.1.5 主车倒车儿童横穿 50%工况/VPRCm-50 工况

目标假人 CPT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段 1.00m 加速至 5km/h 并保持匀速移动，主车以 10km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 50%处，如图 22 中所示的 L 点，主车距离假人行驶路径 20m 时开始记录数据，该工况在白天进行试验。

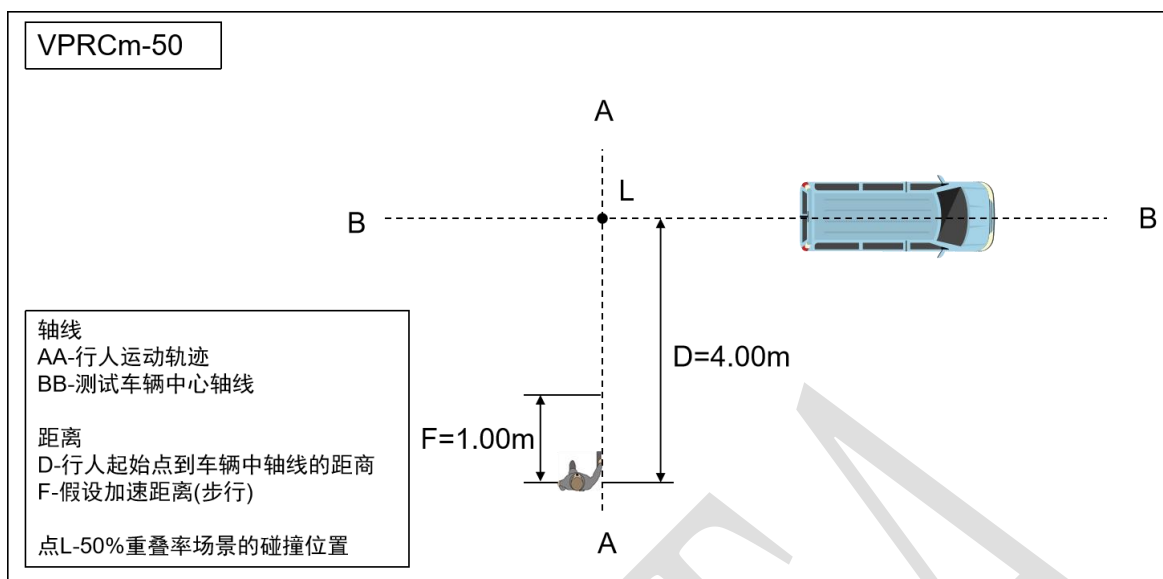


图 22 VPRCm-50 工况

5.2.2.2 试验要求

- a) 保持速度稳定，主车车速应保持在规定车速 $\pm 1\text{km/h}$ ，目标假人速度应保持在 $(5\pm 0.2)\text{km/h}$ ；
- b) 主车转向盘角速度不超过 $15^\circ/\text{s}$ ；
- c) 主车横向距离不超过规定行驶路径 $\pm 0.1\text{m}$ ；
- d) 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，主车的横摆角速度不超过 $\pm 1^\circ/\text{s}$ ；
- e) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ ；

f) VPNSOC-50 工况为 2 辆障碍车，其中，右侧前端靠近行人障碍车 A 使用车长范围在 4.5m~4.95m 的浅色轿车，位于障碍车 A 后方的障碍车 B 使用车长范围在 4.4m~4.8m 的多用途乘用车，颜色不限。

5.2.3 AEB 车对骑行者试验

本试验用于评价主车 AEB 对于车辆前方横穿自行车骑行者和纵向同向行驶自行车骑行者的识别和自动制动的能力，主车速度分别为 20km/h、35km/h、40km/h、55km/h，骑行者速度为 15km/h；碰撞点为 50%。试验工况如表 11 所示。

表 11 AEB 车对骑行者工况

评价项目		试验场景	主车车速	目标车车速	目标骑行者运动方向	光照条件
AEB 自行车骑行者功能	AEB	VBNA-50	20	15	横向	白天
			40			
	VBLA-50	35	15	纵向	白天	
		55				
FCW	VBLA-50	55	15	纵向	白天	

5.2.3.1 成人骑行者远端穿行 50%工况/VBNA-50 工况

目标自行车 BT 行驶路径与主车行驶路径垂直，经过加速段 4m 加速至 15km/h 并保持匀速移动，主车分别以 20km/h、40km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 50%处，如图 23 中所示的 E 点，主车距离目标物行驶路径 50m 时开始记录数据，该工况在白天进行。

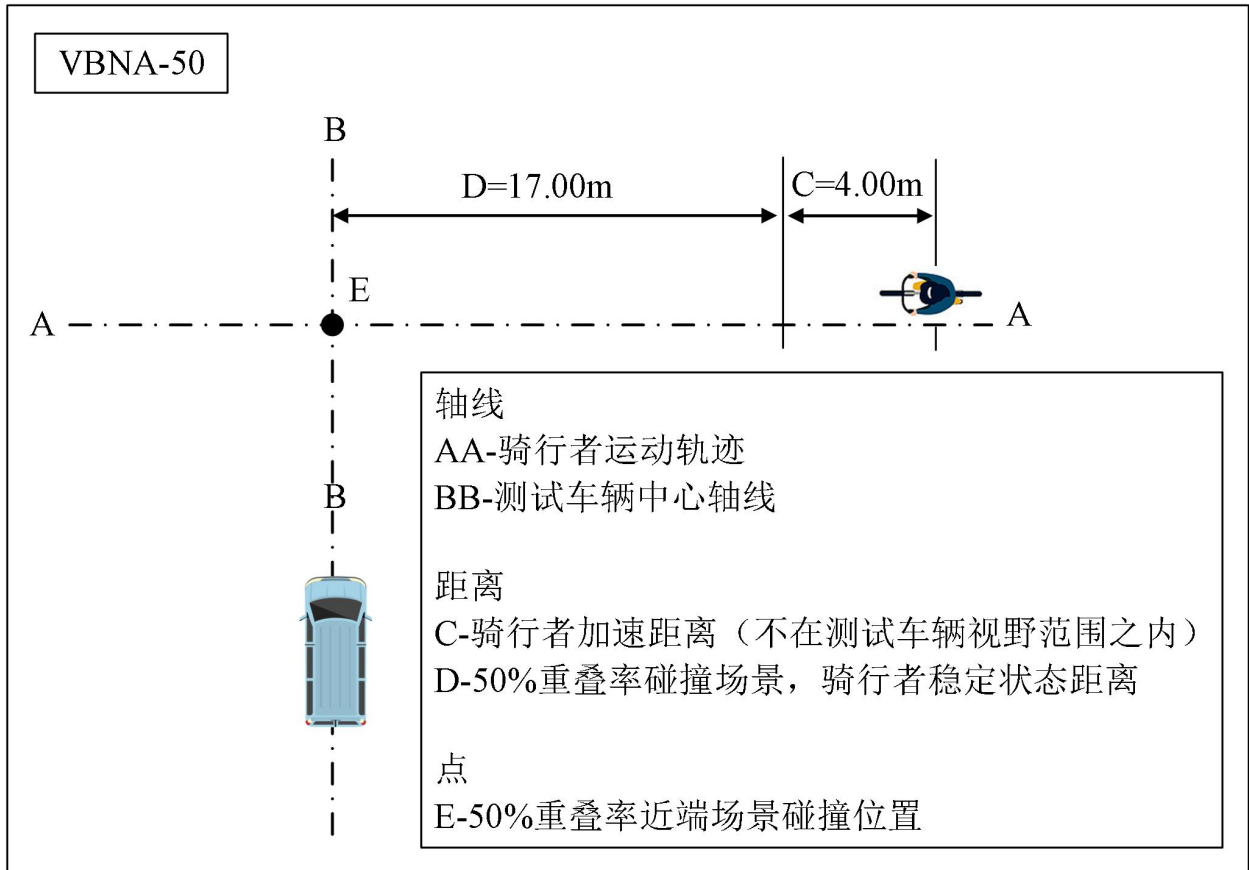


图 23 VBNA-25 工况

5.2.3.2 成人骑行者纵向 50%工况/VBLA-50 工况

目标自行车 BT 行驶路径与主车行驶路径重合，加速至 15km/h 并保持匀速移动，主车分别以 35km/h、55km/h 的速度进行试验，碰撞点位置在 50%处，如图 24 中所示的 V 点，主车距离自行车 60m 时开始记录数据，该工况在白天进行。

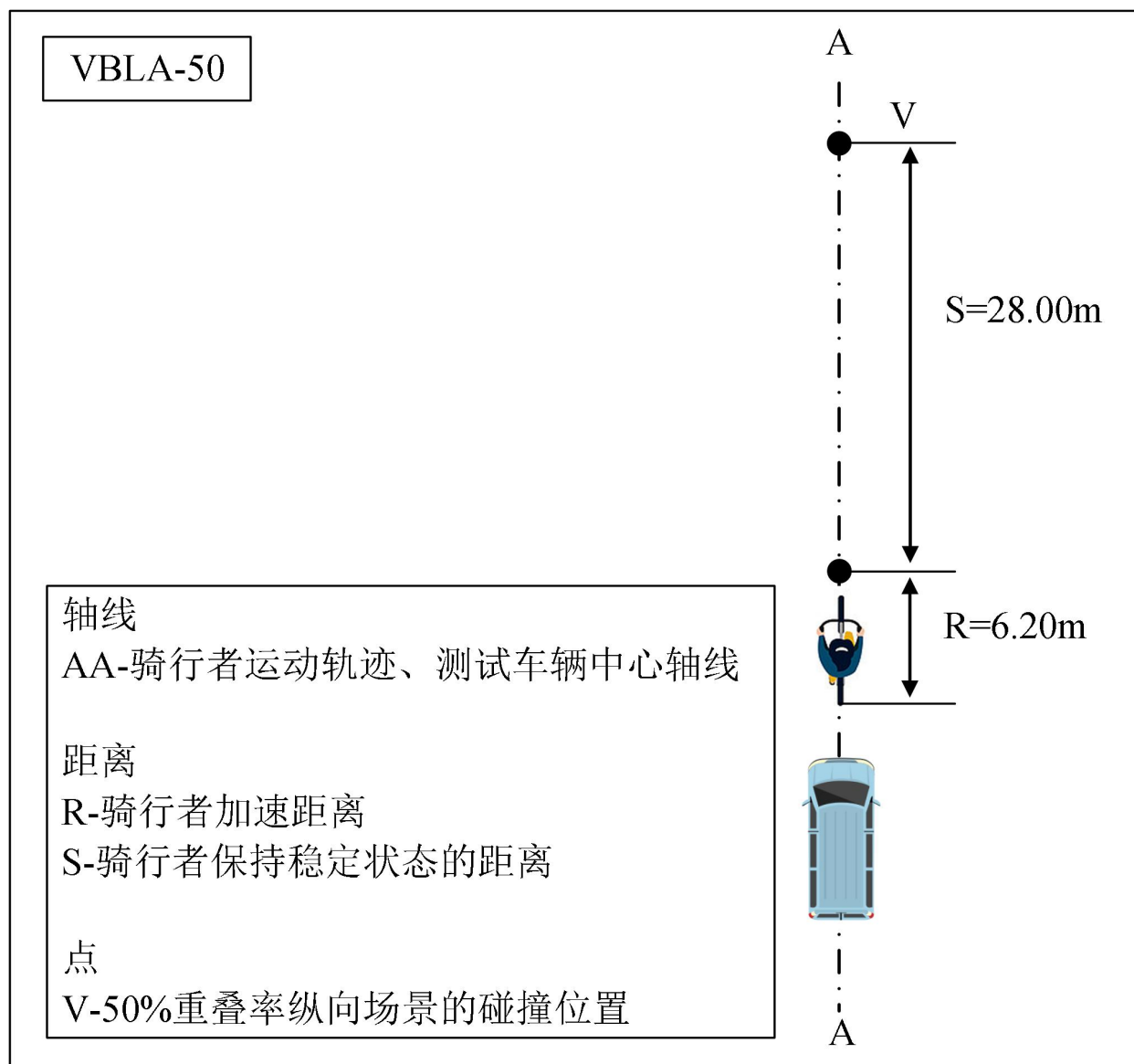


图 24 VBLA-50 工况

5.2.3.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，主车车速应保持在规定车速 $\pm 1\text{km/h}$ ，目标自行车骑行者速度应保持在 $(15\pm 0.5)\text{km/h}$;
- b) 主车转向盘角速度不超过 $15^\circ/\text{s}$;
- c) 主车横向距离不超过规定行驶路径 $\pm 0.1\text{m}$;
- d) 主车在试验结束前不能踩制动踏板，不能突然制动或转向，主车的横摆角速度不超过 $\pm 1^\circ/\text{s}$;
- e) 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的 $\pm 5\%$ 。

6 试验拍摄

设备安装前，对试验车辆进行左前 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放查看。

7 数据处理

7.1 加速度踏板位置

加速度踏板位置使用试验原始数据，数据格式应为加速踏板行程的百分比来表示。

7.2 横向和纵向位置

横向和纵向位置需使用原始数据，数据单位为 m。

7.3 纵向加速度

纵向加速度数据需采用 12 阶无级巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 6Hz，数据单位为 m/s^2 。

7.4 速度

车速为 GPS 速度，需使用原始数据，数据单位为 km/h。

7.5 横摆角速度

横摆角速度数据需采用 12 阶无级巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 6Hz，数据单位为 $^\circ/\text{s}$ 。

7.6 转向盘角速度

转向盘角速度数据需采用 12 阶无级巴特沃斯滤波器过滤，截止频率为 6Hz，数据单位为 $^\circ/\text{s}$ 。
