

团 体 标 准

T/ITS 0155-2021

营运车辆自动紧急制动系统仿真测试与评价方法

Simulation test and evaluation method for advanced emergency braking system of commercial vehicles

2021-12-07 发布

2022-03-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

前 言.....	II
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义、缩略语.....	1
4 一般要求.....	3
5 平台要求.....	4
6 场景工况.....	5
7 评价指标.....	34
8 测试方法.....	34
附 录 A（规范性） 动力学模型校核测试.....	42
附 录 B（规范性） 传感器信号校核测试.....	43

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》给出的规则起草。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件起草单位：交通运输部公路科学研究院、中汽院智能网联科技有限公司、招商局检测车辆技术研究院有限公司、襄阳达安汽车检测中心有限公司、北京赛目科技有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司

本文件主要起草人：李文亮、高金、周炜、陈华、曾杰、王戡、薛晓卿、张帆、苏芮琦、张鹏程、白智敏、乔敏、张卓筠、张学文、刘智超、曹琛、张峻荧、丁雪聪、李楚照、廖伟、余锋、肖剑涛、李臣、张禄、张沫、李华建。

营运车辆自动紧急制动系统仿真测试与评价方法

1 范围

本文件规定了营运车辆自动紧急制动系统仿真测试的一般要求、平台要求、场景工况、评价指标和测试方法。

本文件适用于提出仿真测试申请的营运车辆自动紧急制动系统。

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文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 5768.3-2009 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线

GB/T 6323-2014 汽车操纵稳定性试验方法

GB/T 12428 客车装载质量计算方法

GB/T 12534 汽车道路试验方法通则

JT/T 1242 营运车辆自动紧急制动系统性能要求和测试规程

QX/T111-2010 高速公路交通气象条件等级

JTG B01-2014 公路工程技术标准

3 术语和定义、缩略语

3.1 术语和定义

JT/T 1242-2019界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1.1

自动紧急制动系统 advanced emergency braking system; AEBS

自动探测目标车辆或障碍物，检测潜在的前向碰撞危险，发出预警信号提醒驾驶员，并激活本车制动系统，通过降速来避免碰撞或减轻碰撞的系统。

[来源：JT/T 1242-2019，定义3.1.1]

3.1.2

仿真测试 simulation test

通过传感器仿真、车辆动力学仿真、交通参与者仿真、道路建模等技术模拟真实测试环境，完成AEBS测试工作的一种测试方法。

3.1.3

自车 subject vehicle

配有本标准所定义的自动紧急制动系统的车辆，或在仿真场景中模拟或代表配有本标准所定义的自动紧急制动系统的车辆。

3.1.4

前车 forward vehicle

位于自车行驶道路前方的车辆，或在仿真场景中模拟或代表位于自车行驶道路前方的车辆。

3.1.5

目标车 target vehicle

在自车前方行驶轨迹线上,距离自车最近的前车,它是自动紧急制动系统工作时所针对的对象。

3.1.6

碰撞预警 collision warning

AEBS 向驾驶员发出碰撞危险提醒信息。

[来源: JT/T 1242-2019, 定义 3.1.5]

3.1.7

相邻车道 adjacent lane

和自车所行驶的车道共用一条车道边界的行车车道,并且与自车行驶方向相同。

[来源: JT/T 1242-2019, 定义 3.1.7]

3.1.8

车间距离 clearance

从目标车辆车尾到自车车头的距离。

[来源: JT/T 1242-2019, 定义 3.1.8]

3.1.9

紧急制动阶段 emergency braking phase

AEBS 向自车发出制动指令要求,自车以至少 4 m/s^2 的减速度开始减速的阶段。

[来源: JT/T 1242-2019, 定义 3.1.9]

3.1.10

相对车速 relative velocity

自车与目标车辆的纵向车速之差,计算方法见公式(1):

$$v_r(t) = v_{SV}(t) - v_{TV}(t) \quad (1)$$

式中:

$v_r(t)$ ——相对车速,单位为米每秒(m/s);

$v_{SV}(t)$ ——自车车速,单位为米每秒(m/s);

$v_{TV}(t)$ ——目标车辆的车速,单位为米每秒(m/s)。

[来源: JT/T 1242-2019, 定义 3.1.12]

3.1.11

距离碰撞时间 time to collision

在t时刻,自车与目标障碍物发生碰撞所需的时间,计算方法见公式(2):

$$T_{cr} = \frac{x_c(t)}{v_r(t)} \quad (2)$$

式中:

T_{cr} ——距离碰撞时间,单位为秒(s);

$x_c(t)$ ——车间距离,单位为米(m)。

[来源：JT/T 1242-2019，定义 3.1.13]

3.1.11

偏置率 biasing

偏置率定义为自车与目标车重叠部分占自车的百分比，重叠定义的参考线是自车的中心线，在 100% 重叠的情况下，自车和目标车的中心线对齐，如图 1 所示。

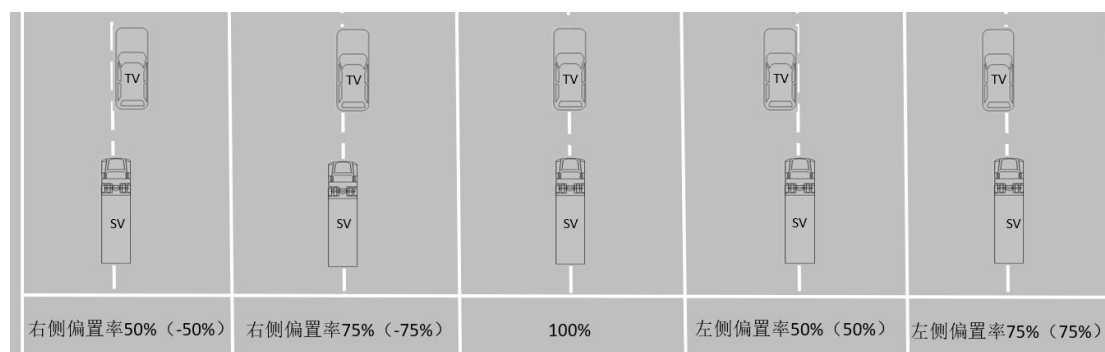


图 1 偏置率定义

3.1.12

硬件在环 Hardware-in-the-loop Hil

针对硬件实体，通过实时仿真处理器模拟、控制以及观测被测对象以及相关模型、环境，监测输入输出进行全面、系统的在环仿真测试。

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

AEBS: 自动紧急制动系统 (Advanced Emergency Braking System)

TTC: 距离碰撞时间 (Time To Collision)

TV: 目标车 (Target Vehicle)

SV: 自车 (Subject Vehicle)

4 一般要求

4.1 被测对象要求

4.1.1 被测对象构成

被测对象为至少包含控制器的 I 型 AEBS，且构成应符合 JT/T1242-2019 中 4.1 的规定。

4.1.2 被测对象感知

被测对象的感知信息可由软、硬件模拟的形式取得。

4.1.3 被测对象接口

被测对象应具备相应的在环仿真测试信号接口。

4.2 测试记录及备份要求

4.2.1 测试记录

测试应使用功能齐全的测试管理、测试自动化平台，对测试过程中测试产生的测试结果进行记录。

4.2.2 测试备份

测试过程中使用的仿真测试模型应进行保存与备份。

5 平台要求

5.1 动力学模型要求

5.1.1 动力学模型准确性

动力学模型校核测试见附录 A。按照附录 A 的测试方法，对 HIL 测试平台的执行端动力学模型的制动性能进行评价时，10 次仿真与实车制动试验对比的结果，均应满足以下 4 项条件：

- 动力学模型符合 $|Sa_{max}-Fa_{max}|<0.2m/s^2$ ；
- 动力学模型符合 $|St-Ft|<0.3s$ ；
- 动力学模型符合 $|Sd-Fd|<2.0m$ 。
- 平均制动减速度符合 $|Sa_u-Fa_u|<0.2m/s^2$ 。

注 1：式中， Fa_{max} 为动力学模型进行制动测试的减速度峰值； Sa_{max} 为实车制动测试的减速度峰值； Ft 为动力学模型进行制动测试时，从制动开始时刻与减速度达到第一个较大减速度值时刻的时间间隔； St 为实车制动测试时，从制动开始时刻与减速度达到第一个较大减速度值时刻的时间间隔； Fd 为动力学模型从制动开始至车辆停止时，车辆所行驶的距离； Sd 为实车从制动开始至车辆停止时，车辆所行驶的距离； Fa_u 为动力学模型的平均制动减速度； Sa_u 为实车测试的平均制动减速度；

注 2：平均制动减速度计算方法： $Sa_u = \frac{u_b^2 - u_e^2}{25.92(S_e - S_b)}$ ；式中， u_b 为 $0.8u_0$ 的车速； u_0 为起始车速 (km/h)， u_e 为 $0.1u_0$ 的车速 (km/h)； S_b 为 u_0 到 u_b 车辆经过的距离 (m)； S_e 为 u_0 到 u_b 车辆行驶的距离 (m)。

5.1.2 动力学模型仿真频率

仿真测试过程中，动力学模型的仿真频率不低于 1000Hz。

5.2 传感器模型要求

传感器模型可采用不同的方式，包括但不限于摄像头、毫米波雷达和激光雷达等；

5.2.1 摄像头

5.2.1.1 视频注入方式应满足以下要求：

- 摄像头模型信号校核测试见附录 B。按照 B.1 的测试方法，应在场景软件中建立起精确的摄像头模型，摄像头模型与实际摄像头识别相同距离的目标时，对目标识别的距离的误差应不大于 10%；
- 摄像头仿真频率应与实际摄像头模组一致。

5.2.1.2 摄像头暗箱方式应满足以下要求：

- 摄像头应置于能够模拟俯仰姿态的转台上；
- 暗箱应达到全遮光；
- 显示图像的显示屏刷新频率应不低于被测对象的刷新频率，宜 144Hz (2K) 以上；
- 按照 B.1 的测试方法，摄像头识别目标的距离与实际识别目标距离的误差应不大于 10%。

5.2.2 毫米波雷达

5.2.2.1 使用 CAN 总线直接模拟毫米波雷达目标信号，CAN 总线的目标信号模拟频率应与实际雷达目标输出频率一致；

5.2.2.2 在场景软件中建立起精确的毫米波雷达模型，并在场景软件中建立起与实际被测车辆相同外观尺寸的车辆模型。使用雷达模拟器模拟雷达目标信号时，雷达暗箱的电磁环境应满足以下要求：

- 能吸收 81GHz 及以下的毫米波信号；
- 对毫米波信号衰减强度应不小于 25dB；
- 在雷达模拟器未工作之前，被测雷达在暗箱中应检测不到雷达目标；

- d) 雷达模拟器正常工作之后，被测雷达不应检测到雷达模拟器模拟的目标以外的目标；
- e) 雷达模拟器正常工作之后，至少能模拟 2 个方向的目标，每个方向上至少 1 个目标，同时至少能够模拟目标车辆切入和切出的场景。

5.2.3 激光雷达

5.2.3.1 按照 B.2 测试，在场景软件中，设置好激光雷达模型，激光雷达模拟将场景中的反射点云数据通过以太网端口发送至激光雷达目标识别后端；

5.2.3.2 按照 B.2 测试，场景软件中激光雷达模型输出的描述车辆外型轮廓点云的数量应与实际测试结果误差小于 10%。

5.3 气象环境参数

5.3.1 气象情况

5.3.1.1 应能按照 QX/T111-2010 中 3.1 的分级模拟不同等级的能见度影响情况；

5.3.1.2 应能按照 QX/T111-2010 中 3.2 的分级模拟不同等级的降雨强度影响情况；

5.3.1.3 应能按照 QX/T111-2010 中 3.5 的分级模拟不同等级的降雪影响情况。

5.3.2 光线情况

应能模拟以下部分不同级别的照度情况，详见表 1。

表 1 照度分级表

序号	级别	照度范围（单位：lux）
1	1 级	照度 \leq 30
2	2 级	30<照度 \leq 50
3	3 级	50<照度 \leq 100
4	4 级	100<照度 \leq 3,000
5	5 级	3,000<照度 \leq 100,000

5.4 信息交互要求

5.4.1 测试平台应向被测样机传输信息，包括但不限于交通目标位置、交通目标角度、交通目标速度以及交通目标置信度、发动机转速、油门开度、挡位信息、轮速、车速、车身加速度、制动踏板开度等；

5.4.2 被测样机应以一定频率向测试平台传输信息，包括但不限于发动机转速、油门开度、挡位信息、轮速、车速、车身加速度、主缸压力、制动踏板开度、TTC、AEBS 系统的状态（含功能激活、预警信息、制动请求信息）等。

6 场景工况

6.1 场景道路与碰撞目标参数

6.1.1 场景道路

6.1.1.1 试验道路要求干燥、平整，坡度单一且保持在水平至 1%之间，峰值附着系数大于 0.8；

6.1.1.2 关于测试十字路口，车道边线的设置应遵守 GB 5768.3-2009 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。斑马线基本长度为 3m~5m，应该横跨人行道外的道路斑马线每条的宽度在 45 或 60cm，线间隔一般为 60cm，如图 2 所示。

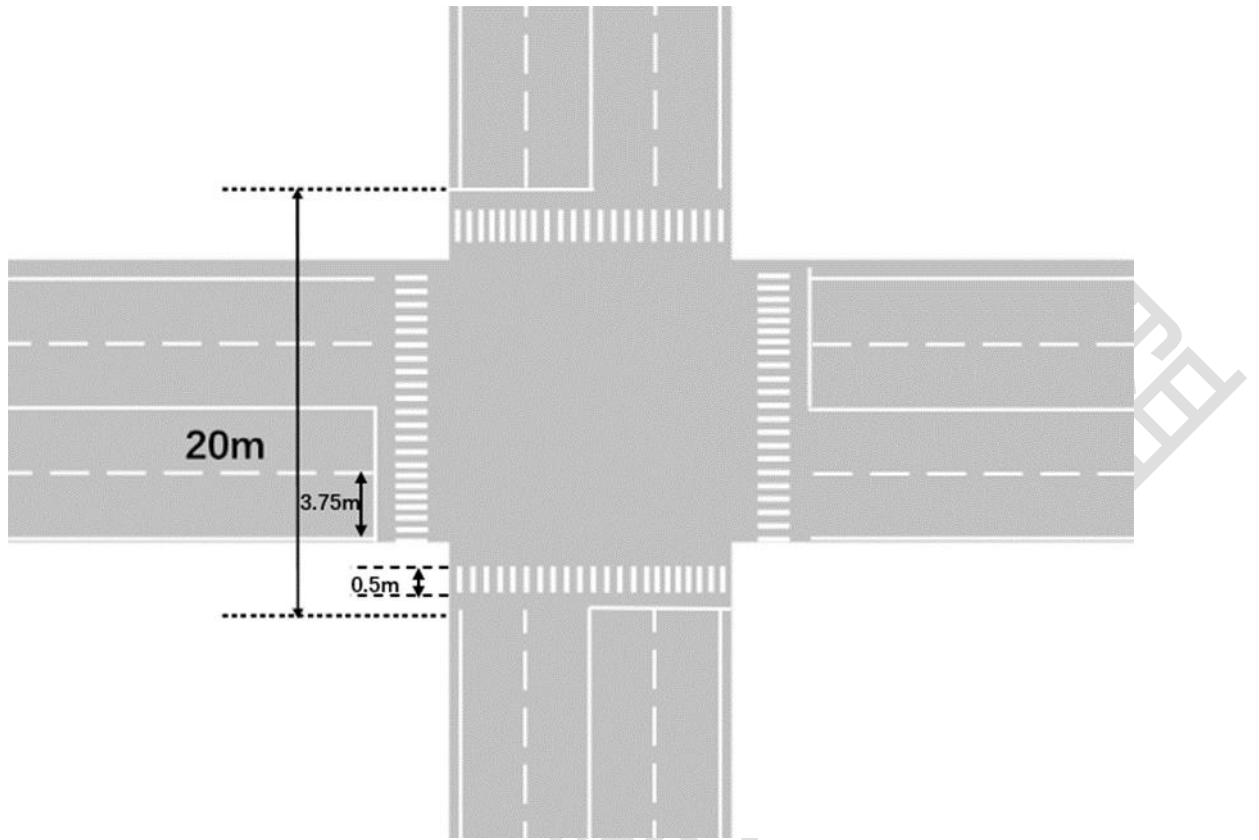


图 2 仿真测试工况十字路口示意图

6.1.1.4 关于测试弯道曲率，测试中含有弯道的工况场景，参照 JTGB01-2014，测试中弯道曲率半径按照下表 2 进行确定：

表 2 弯道曲率半径

序号	测试中最高车速 (km/h)	弯道曲率半径 (m)
1	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
2	40	100-550(按照 50 间隔进行测试)
3	60	150-550(按照 50 间隔进行测试)
4	80	250-550(按照 50 间隔进行测试)

6.1.2 碰撞目标

用于试验的目标应为 M1 类乘用车、二轮车模型和行人模型。行人模型为行业普遍采用的静态成年假人模型，行人模型身高 1800mm，肩宽 500mm，躯干倾角 85°；行人状态都设置成匀速运动，参考 E-NCAP 中移动假人的运动速度，将奔跑时的速度设置成 8km/h，行走时的速度设置成 5km/h。二轮车模型周围定义一个虚拟的矩形框如图 3 所示。

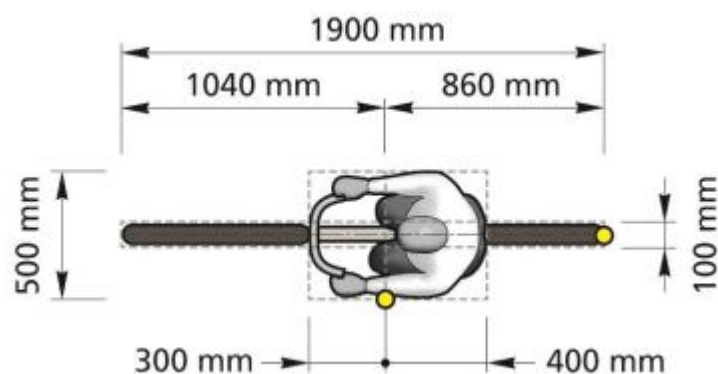


图3 二轮车模型虚拟边框的大小

6.2 仿真测试场景工况

6.2.1 碰撞机动车

6.2.1.1 追尾碰撞机动车

6.2.1.1.1 追尾碰撞机动车-目标车匀速

6.2.1.1.1.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中自车正前方的低速目标车的识别和自动制动的能力，如图 4 和图 5，自车与目标车的运动参数见表 3。

表3 自车与目标车的运动参数

序号	偏置率 (仅直道)	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	测试开始距离 (m)
1	-50%	10	5	150
2	-50%	40	20	150
3	-50%	80	40	150
4	-75%	10	5	150
5	-75%	40	20	150
6	-75%	80	40	150
7	100%	10	5	150
8	100%	40	20	150
9	100%	80	40	150
10	50%	10	5	150
11	50%	40	20	150
12	50%	80	40	150
13	75%	10	5	150
14	75%	40	20	150
15	75%	80	40	150

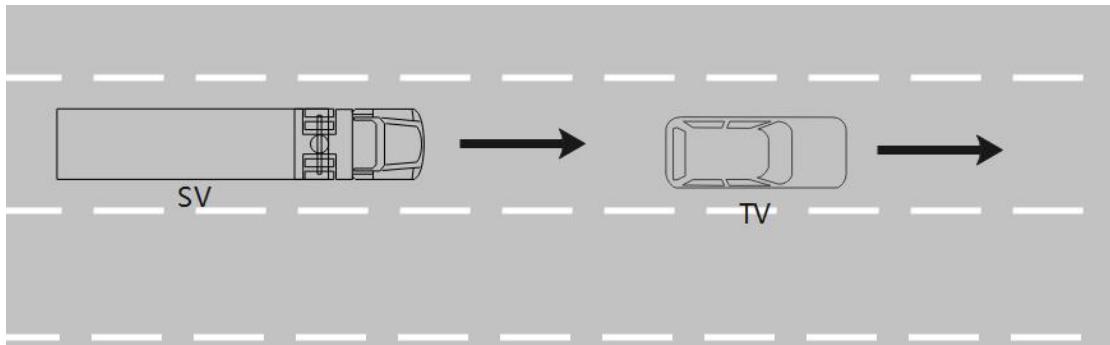


图 4 追尾碰撞机动车-目标车匀速（直道）

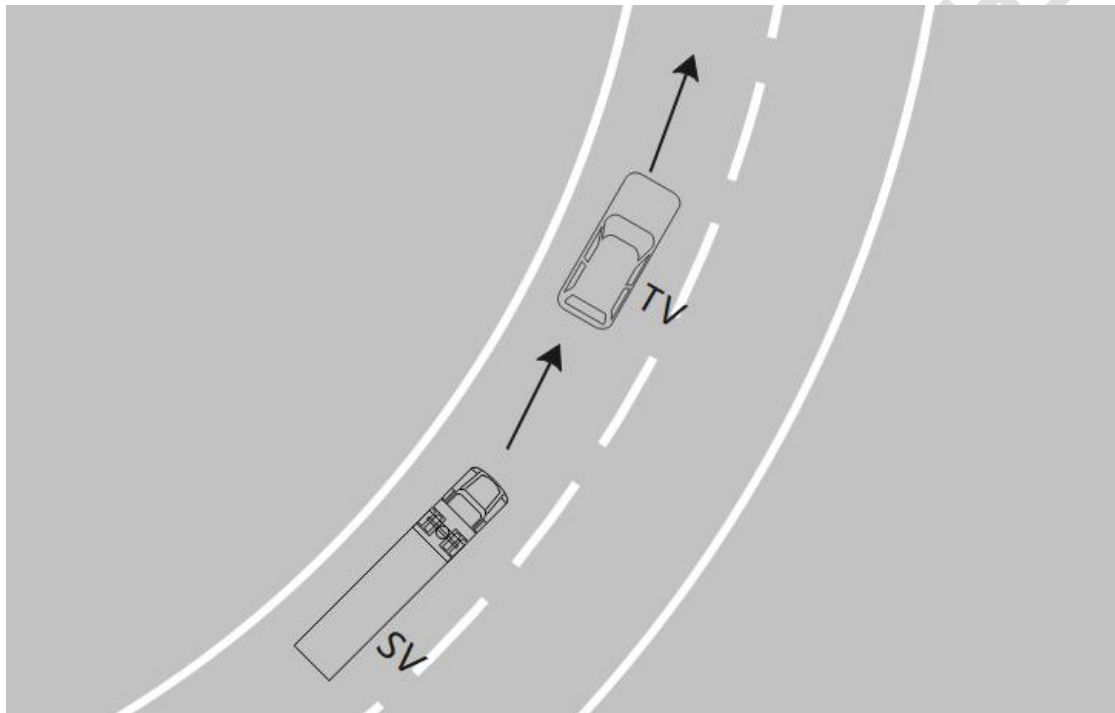


图 5 追尾碰撞机动车-目标车匀速（弯道）

6.2.1.1.1.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车和目标车的行驶方向一致且在同一车道内行驶；
- b) 测试过程中，自车按照表 3 的速度沿车道中心线行驶，目标车按照表 3 的速度沿车道行驶，直道工况下自车和目标车的偏置分别-50%、-75%、100%、50%和 75%；
- c) 自车和目标车纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.1.2 追尾碰撞机动车-目标车减速

6.2.1.1.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方减速目标车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，行驶在自车前方且与自车同车道的目标车突然减速，如图 6 和图 7，自

车与目标车的运动参数见表 4。

表 4 自车与目标车的运动参数及弯道曲率半径

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	目标车减速度 m/s^2	测试开始距离(m)
1	10	10	3	150
2	40	40	3	150
3	80	80	3	150

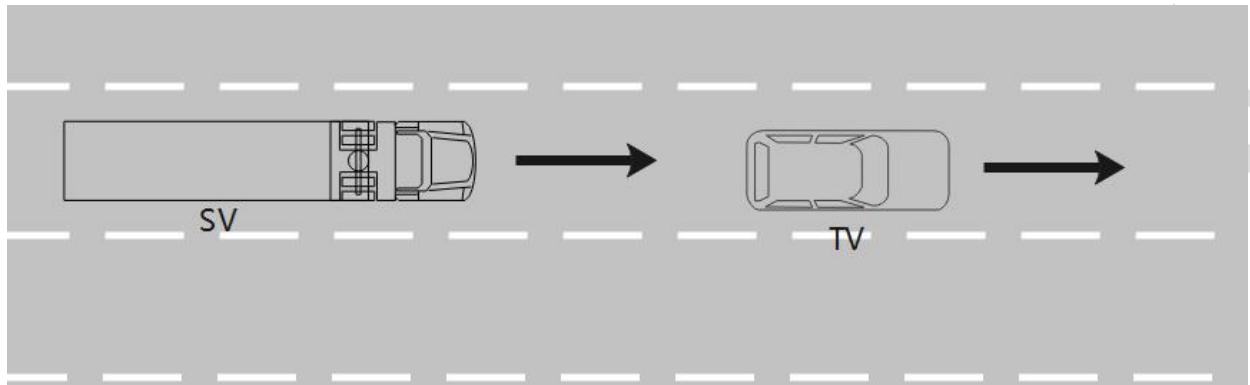


图 6 追尾碰撞机动车-目标车减速（直道）

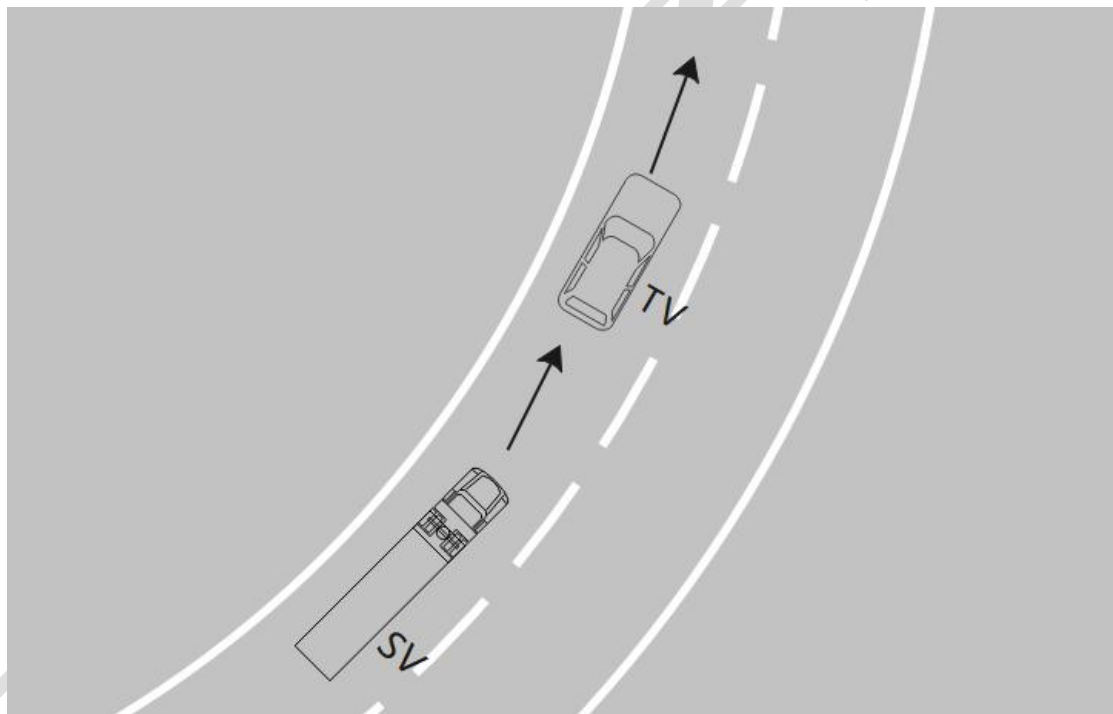


图 7 追尾碰撞机动车-目标车减速（弯道）

6.2.1.1.2.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车和目标车的行驶方向一致且在同一车道内行驶，两车纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）为测试开始距离；
- b) 自车按照表 4 保持速度沿车道中心线直线行驶，目标车按照表 4 保持速度沿车道中心线直线行驶；

- c) 测试开始并记录数据，目标车以 3m/s^2 的减速度减速行驶，而自车保持原速度行驶；
- d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.1.3 追尾碰撞机动车-目标车换道

6.2.1.1.3.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方切入自车车道的目标车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，相邻车道的目标车辆换道至自车车道，如图 8 和图 9，自车与目标车的运动参数见表 5。

表 5 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	开始换道距离 (m)	测试开始距离 (m)	目标车偏离速度 (m/s)
1	10	5	3.9+5	150	1.0±0.05
2	40	20	15.6+10	150	1.0±0.05
3	80	40	31.1+10	150	1.0±0.05

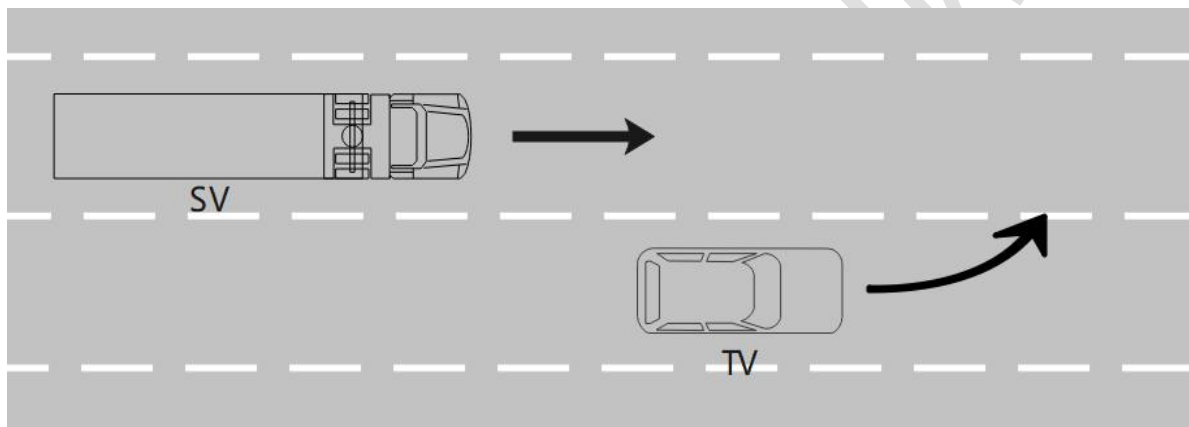


图 8 追尾碰撞机动车-目标车换道（直道）

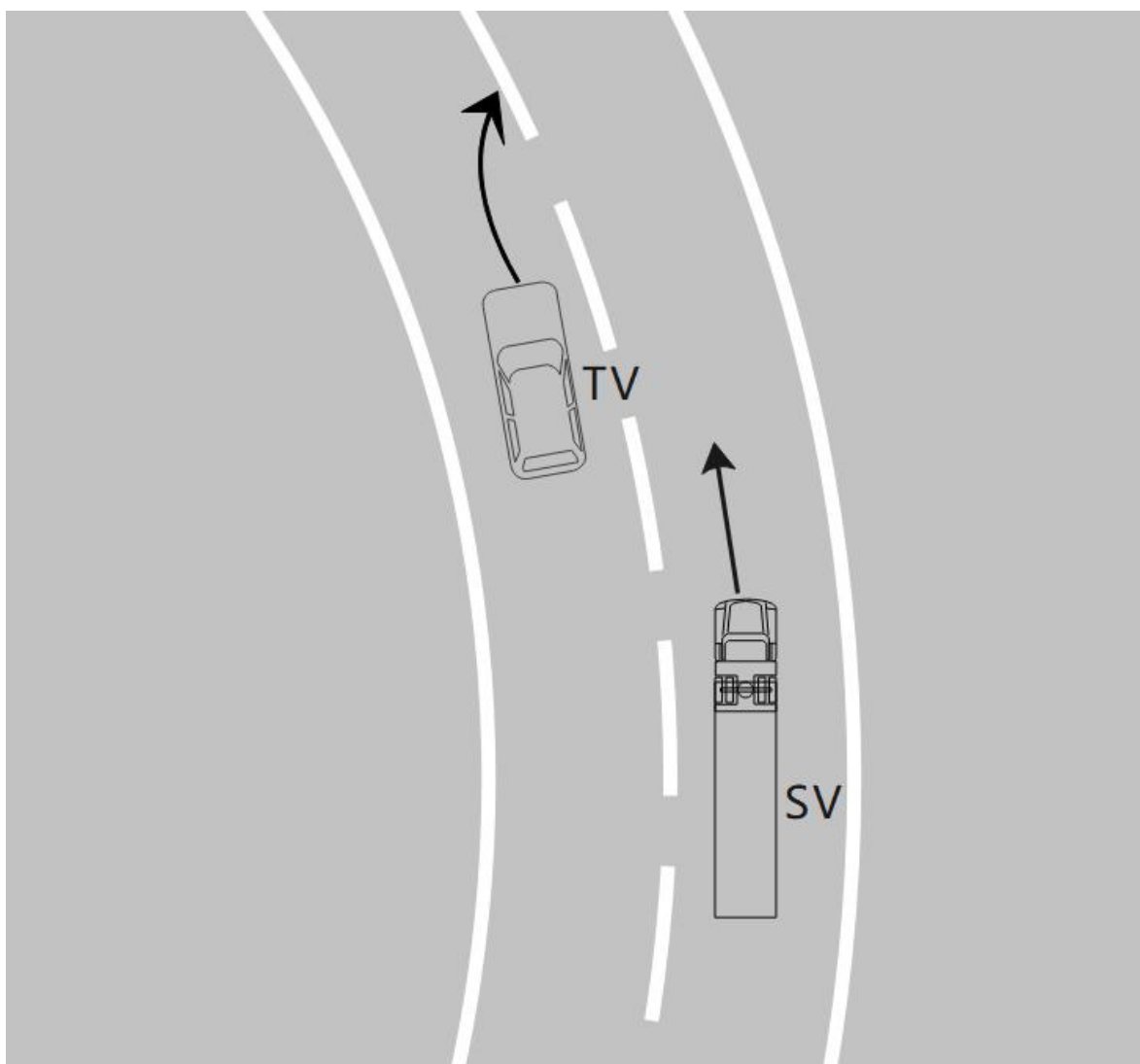


图9 追尾碰撞机动车-目标车换道（弯道）

6.2.1.1.3.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车和目标车的行驶方向一致且在相邻车道内行驶，自车按照表 5 保持速度沿车道中心线直线行驶，目标车按照表 5 保持速度沿车道中心线直线行驶；
- b) 两车纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 两车纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至开始换道距离时，目标车开始按照表 5 中偏离速度换道；
- d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.1.4 追尾碰撞机动车-目标车静止

6.2.1.1.4.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方静止目标车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内行驶，目标车静止于自车行驶车道前方，如图 10 和图 11，自车与目标车的运动参数见表 6。

表 6 自车与目标车的运动参数

序号	偏置率 (仅直道)	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	测试开始距离 (m)
1	-50%	10	0	150
2	-50%	40	0	150
3	-50%	80	0	150
4	-75%	10	0	150
5	-75%	40	0	150
6	-75%	80	0	150
7	100%	10	0	150
8	100%	40	0	150
9	100%	80	0	150
10	50%	10	0	150
11	50%	40	0	150
12	50%	80	0	150
13	75%	10	0	150
14	75%	40	0	150
15	75%	80	0	150

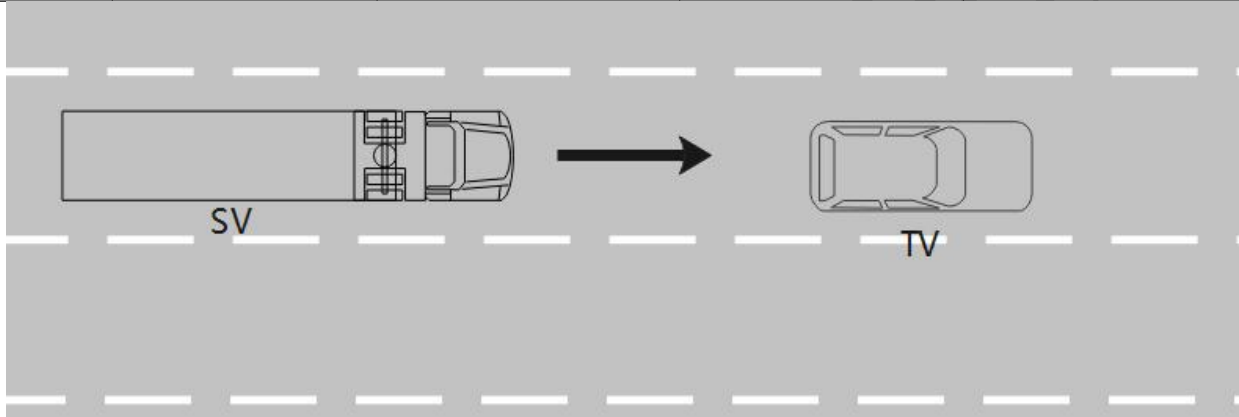


图 10 追尾碰撞机动车-目标车静止 (直道)

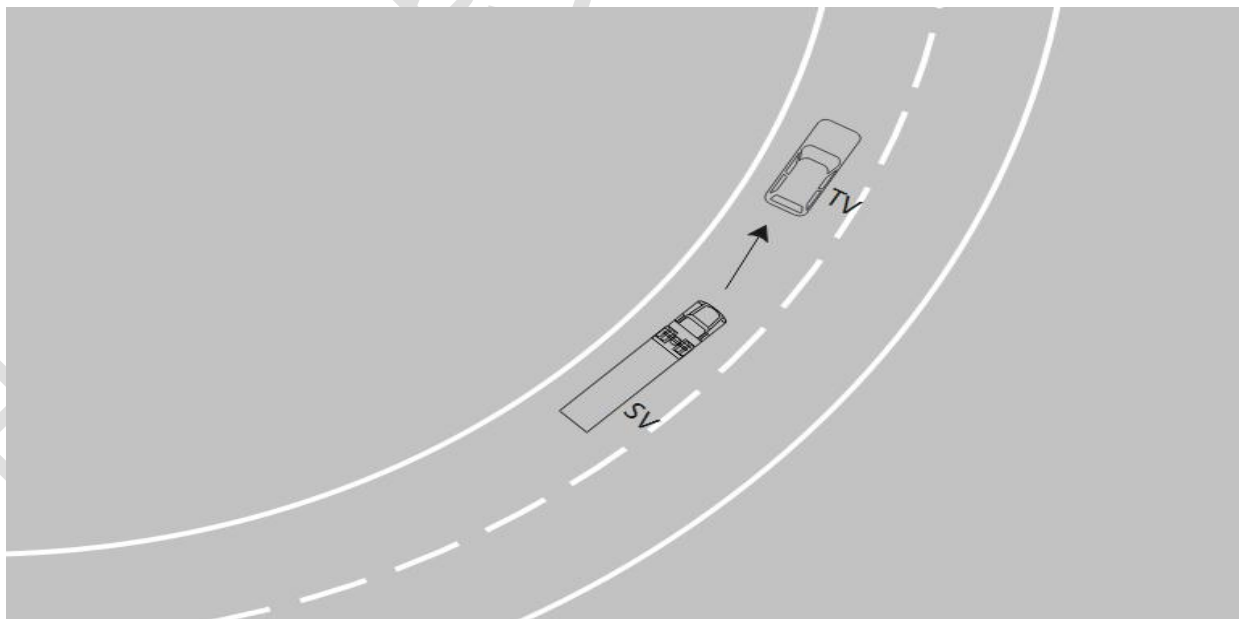


图 11 追尾碰撞机动车-目标车静止 (弯道)

6.2.1.1.4.2 试验过程

试验过程如下：

a) 自车按照表 6 沿车道中心线行驶，目标车应静止放置在自车行驶车道前方，朝向一致；直道工况下自车和目标的偏置分别-50%、-75%、100%、50%和 75%；

b) 自车距离目标的纵向距离（或弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；

c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.2 侧面碰撞机动车

6.2.1.2.1 侧面碰撞机动车-目标车直行通过路口

6.2.1.2.1.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于违规直行过十字路口的目标车的识别和自动制动的能力。目标车没注意到停车让行的标志，没有让行直行过路口，与垂直方向上直行过路口的自车存在碰撞风险，如图 12，自车与目标的运动参数见表 7。

表 7 自车与目标的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	测试开始距离 (m)
1	10	10	150
2	40	40	150

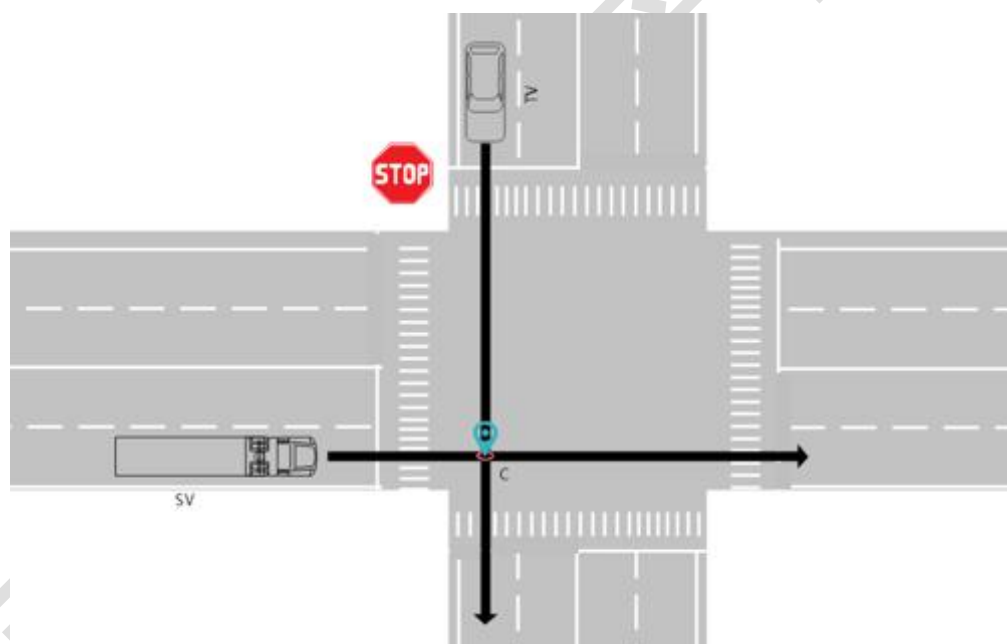


图 12 侧面碰撞机动车-目标车直行通过路口

6.2.1.2.1.2 试验过程

试验过程如下：

a) 自车和目标的行驶方向垂直，自车与目标车按照表 7 沿车道中心线直线行驶；

b) 自车和目标的潜在碰撞点 C 在自车行驶车道中心线上，即当自车与当前车道停车线距离为 12m，目标车位于当前车道停车线位置时两车同时通过十字路口；

c) 自车距离目标车所在车道中心线的距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；

d) 自车以原速度直行通过十字路口，目标车以原速度直行通过十字路口；

e) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.2.2 侧面碰撞机动车-目标车左转通过路口

6.2.1.2.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于违规左转过十字路口的目标车的识别和自动制动的能力。目标车在经过无信号灯的路口时，没有注意到停车让行的标志，没有让行然后左转弯过路口，与垂直方向上直行过路口的自车存在碰撞风险，如图 13，自车与目标车的运动参数见表 8。

表 8 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	测试开始距离 (m)
1	10	10	150
2	40	40	150

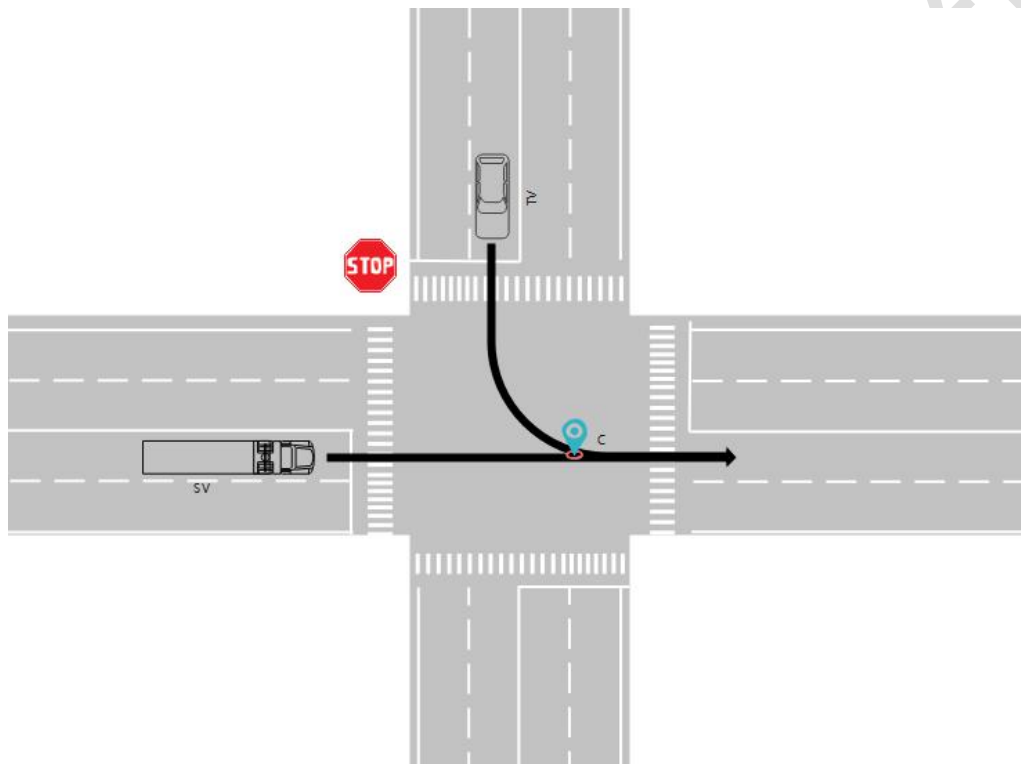


图 13 侧面碰撞机动车-自车直行目标车违规左转

6.2.1.2.2.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车和目标车的行驶方向垂直，自车与目标车按照表 8 沿车道中心线直线行驶；
- 自车和目标车的潜在碰撞点 C 在自车行驶车道中心线上，即当自车所在车道直行的信号灯为绿，自车在距离十字路口停车线为 15m，目标车位于当前车道停车线位置时两车同时通过十字路口；
- 自车距离目标车的纵向距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车以原速度直行通过十字路口，目标车以原速度左转通过十字路口；
- 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.3 正面碰撞机动车

正面碰撞在不转向避让的情况下，双方车辆都具备紧急制动功能才能避免，为分析系统功能，自车在碰撞发生前速度降为零则认为是起到防控效果。

6.2.1.3.1 正面碰撞机动车-目标车逆行

6.2.1.3.1.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方对向行驶的目标车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，与对向行驶在同一车道中的目标车存在碰撞风险，如图 14 和图 15，自车与目标车的运动参数见表 9。

表 9 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	10	150
2	40	10	150
3	80	10	150

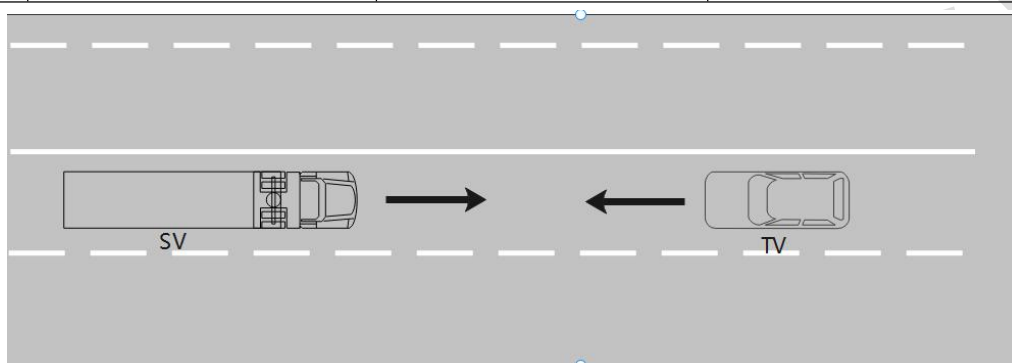


图 14 正面碰撞机动车-目标车逆行（直道）

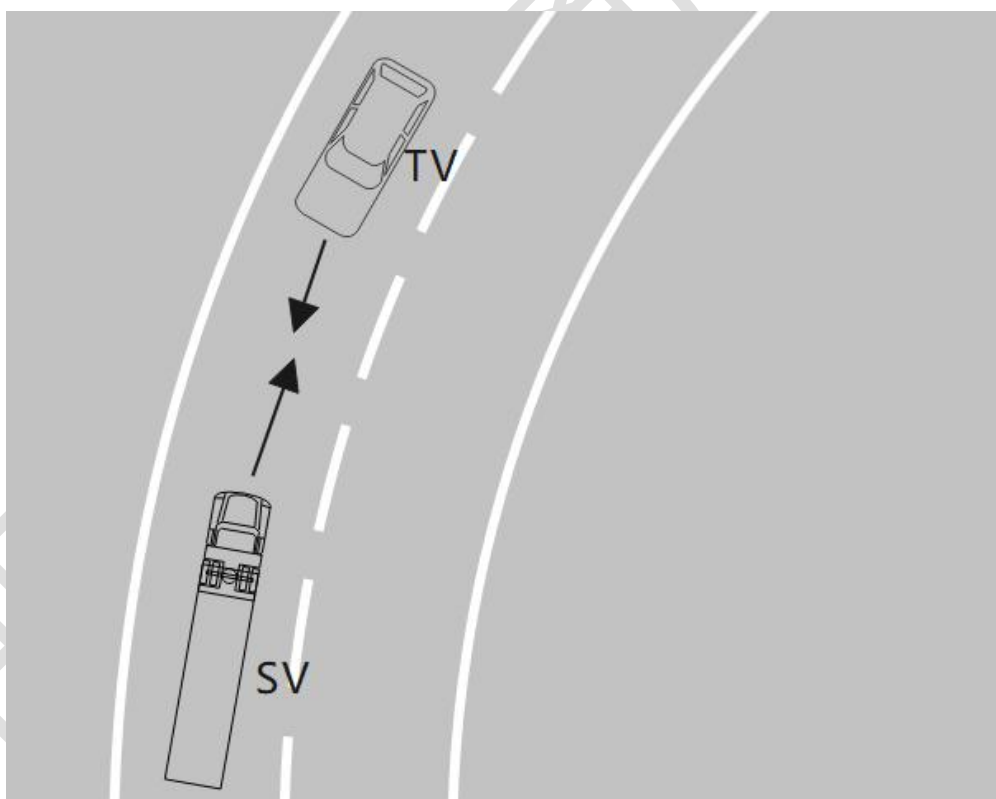


图 15 正面碰撞机动车-目标车逆行（弯道）

6.2.1.3.1.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车和目标车的行驶方向相反，自车和目标车按照表 9 在同一车道上沿车道中心线行驶；

b) 自车距离目标车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；

c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.1.3.2 正面碰撞机动车-目标车换道

6.2.1.3.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中对向行驶的目标车向左切入自车车道的目标车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，目标车在左转换道进入自车行驶车道，如图 16 和图 17，自车与目标车的运动参数见表 10。

表 10 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	开始换道距离 (m)	测试开始距离 (m)	目标车偏离速度 (m/s)
1	10	10	12+10	150	1.0±0.05
2	40	10	43.6+10	150	1.0±0.05
3	80	10	113.1+10	150	1.0±0.05

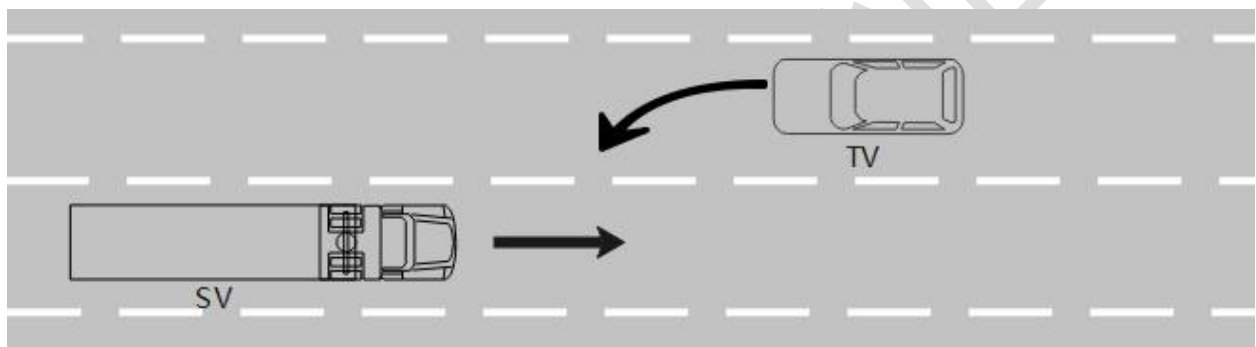


图 16 正面碰撞机动车-目标车换道（直道）

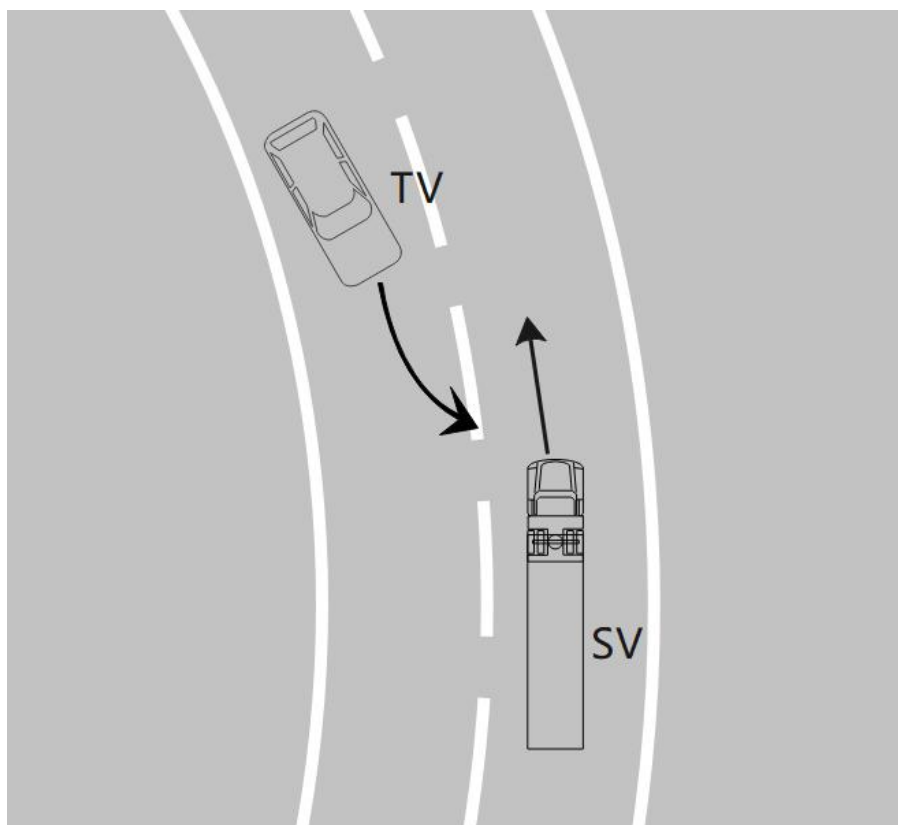


图 17 正面碰撞机动车-目标车换道（弯道）

6.2.1.3.2.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车和目标车的行驶方向相反，自车和目标车按照表 10 在相邻车道上沿车道中心线行驶；
- b) 自车距离目标车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 自车距离目标车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至开始换道距离时，目标车开始按照表 10 中偏离速度换道进入自车行驶车道；
- d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2 碰撞非机动车

6.2.2.1 追尾碰撞非机动车

6.2.2.1.1 追尾碰撞非机动车-二轮车直行

6.2.2.1.1.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方同向行驶的二轮车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，与在同车道行驶的前方二轮车存在碰撞风险，如图 18 和图 19，自车与目标车的运动参数见表 11。

表 11 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	5	150
2	40	10	150
3	80	15	150

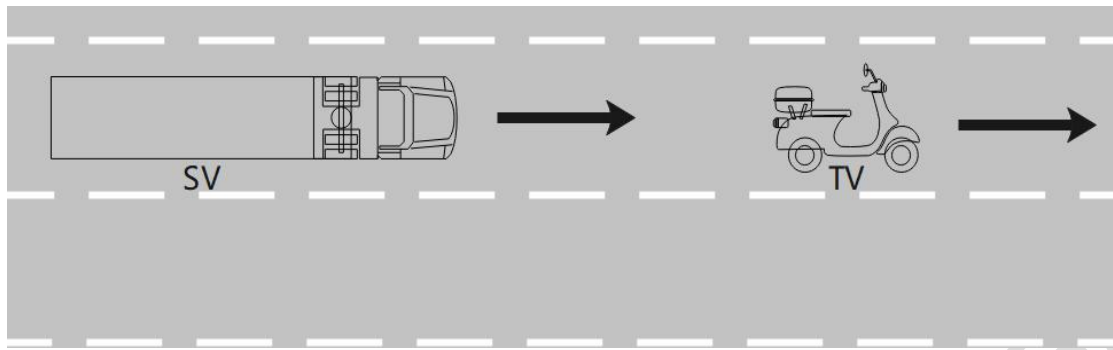


图 18 追尾碰撞非机动车-二轮车直行（直道）

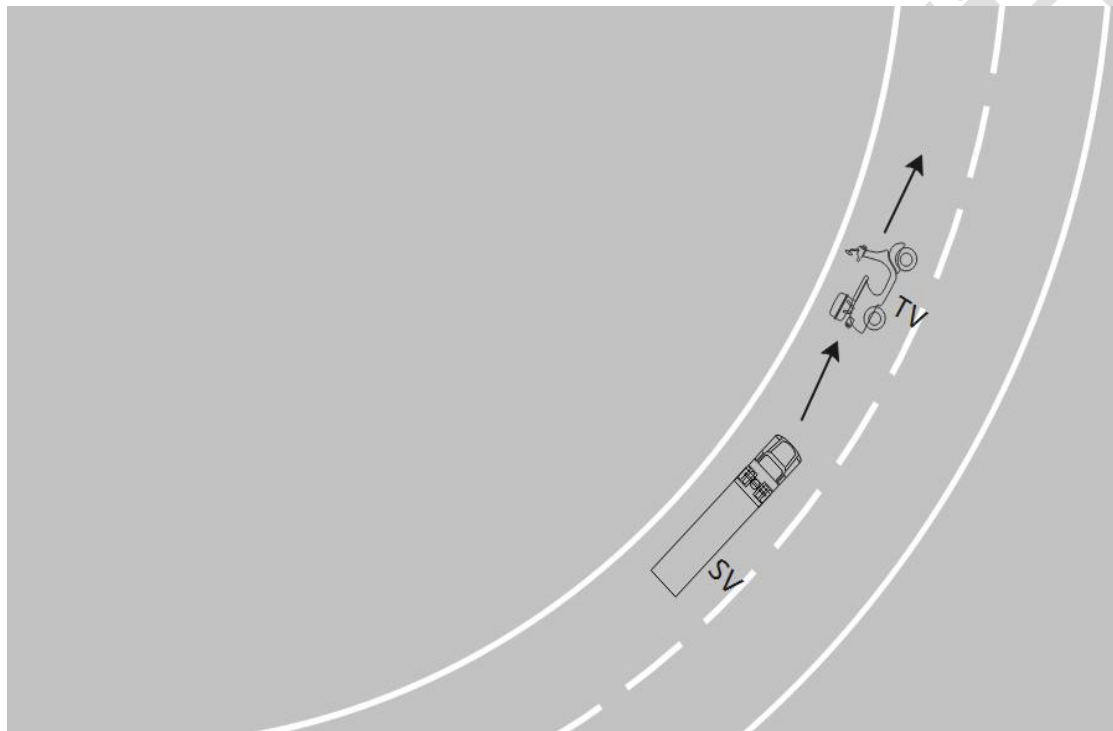


图 19 追尾碰撞非机动车-二轮车直行（弯道）

6.2.2.1.1.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车和二轮车按照表 11 在同车道沿车道中心线行驶，方向一致；
- b) 自车距离目标车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.1.2 追尾碰撞非机动车-二轮车换道

6.2.2.1.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方向左/右切入自车车道的二轮车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内沿车道中心线行驶，与右侧邻道换道的二轮车存在追尾碰撞风险，如图 20 和图 21，自车与目标车的运动参数见表 12。

表 12 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	开始换道距离 (m)	测试开始距离 (m)	目标车偏离速度 (m/s)
1	10	5	3.9+5	150	1.0±0.05
2	40	10	15.6+10	150	1.0±0.05
3	80	15	31.1+10	150	1.0±0.05

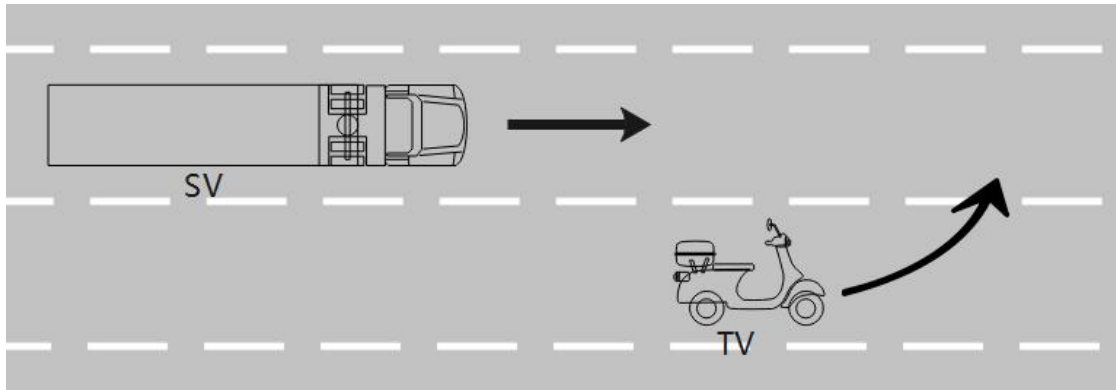


图 20 追尾碰撞非机动车-二轮车换道（直道）

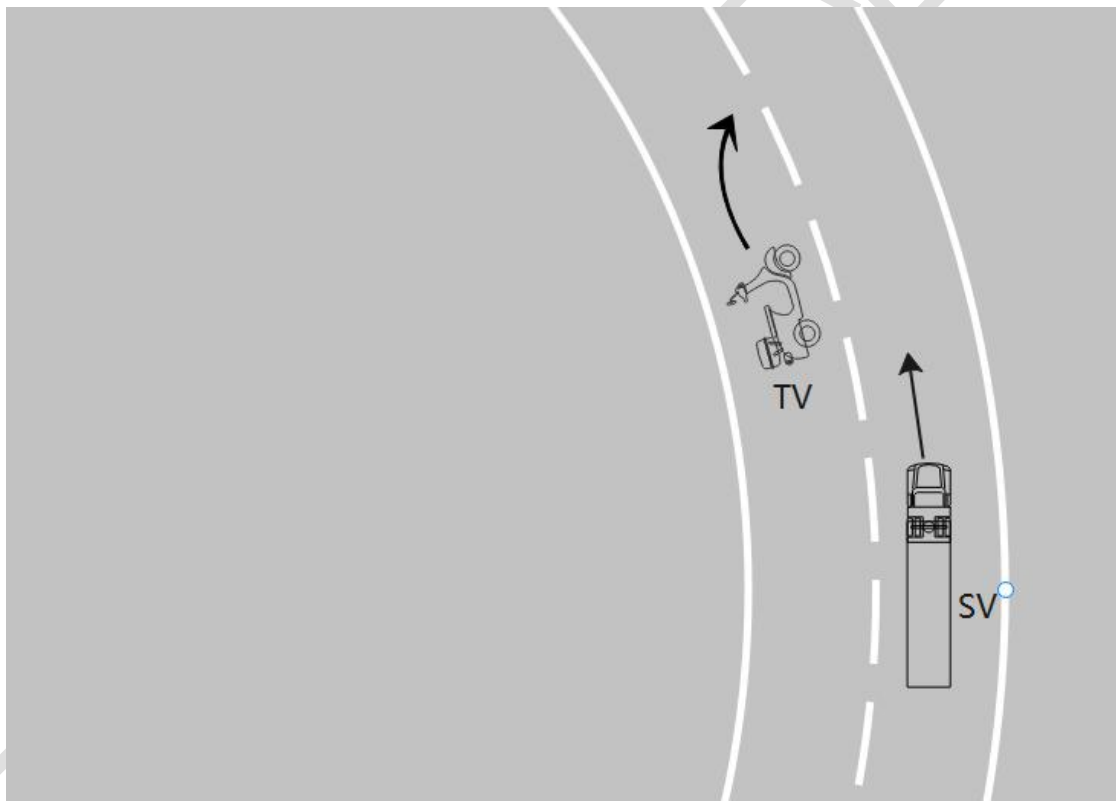


图 21 追尾碰撞非机动车-二轮车换道（弯道）

6.2.2.1.2.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 12 沿车道中心线行驶，右侧相邻车道的目标车按照表 12 沿车道中心线行驶；
- 自车距离目标车的纵向距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车距离目标车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至开始换道距离时，目标车开始按照表 12 中偏离速度换道进入自车行驶车道；

d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.2 侧面碰撞非机动车

6.2.2.2.1 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规直行

6.2.2.2.1.1 场景概述

本场景用以考察AEBS功能对于十字路口中不注意看红绿灯从驾驶员侧横穿过十字路口的二轮车的识别和自动制动的能力。自车所在车道为绿灯，自车行驶路线为直行通过路口，垂直车道上的二轮车闯红灯直行通过路口，两车存在碰撞风险，如图22，自车与二轮车的运动参数见表13。

表 13 自车与二轮车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	二轮车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	5	150
2	40	10	150

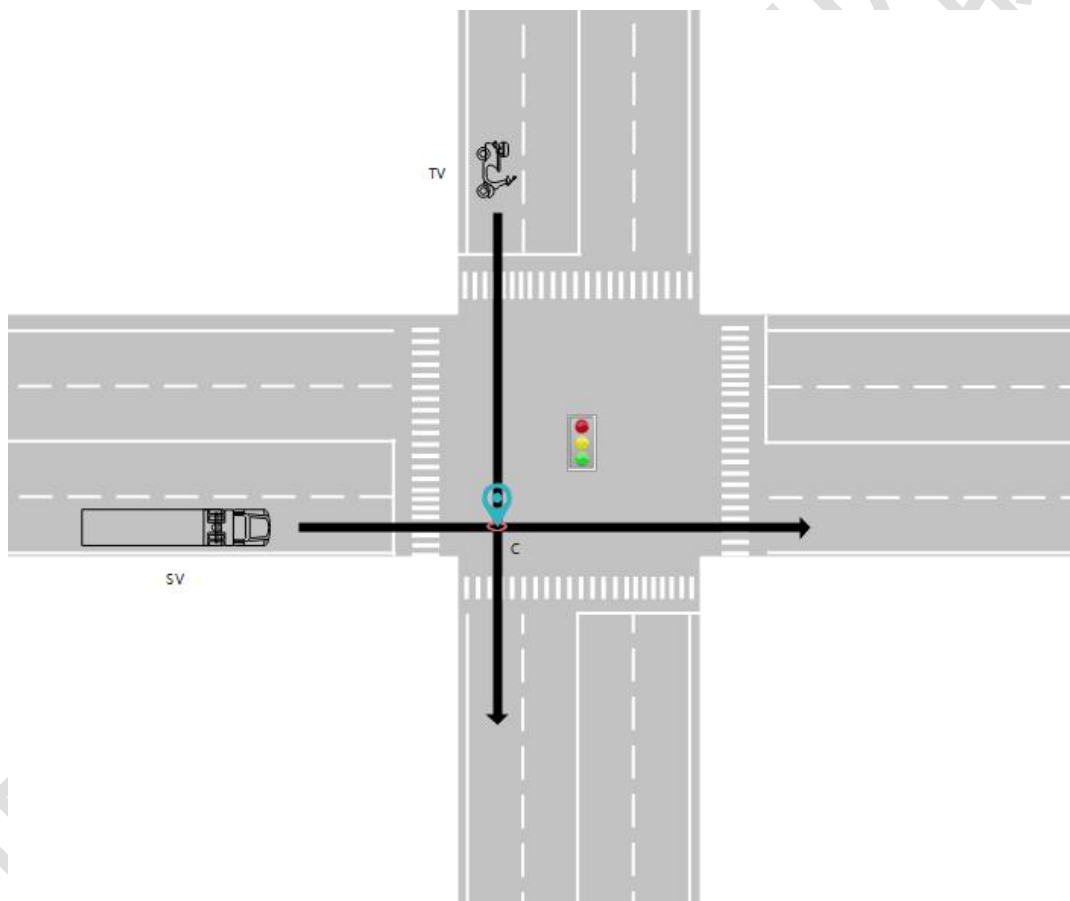


图 22 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规直行

6.2.2.2.1.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 13 行驶路线为直行通过路口，二轮车在垂直车道按照表 13 行驶方向为直行通过路口；
- 自车与二轮车的潜在碰撞点 C 位于自车行驶车道中心线上，即自车在距离十字路口停车线为 50m，二轮车位于停车线位置时两车同时通过十字路口；

c) 自车距离二轮车所在车道中心线的距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据，自车行驶方向上直行信号灯为绿色，二轮车行驶方向上直行红绿灯为红色；

d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.2.2 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规转向

6.2.2.2.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于十字路口中左转过十字路口的二轮车的识别和自动制动的能力。自车所在车道为绿灯，自车行驶路线为直行通过路口，垂直车道上的二轮车闯红灯左转通过路口，两车存在碰撞风险，如图 23，自车与二轮车的运动参数见表 14。

表 14 自车与二轮车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	二轮车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	5	150
2	40	10	150

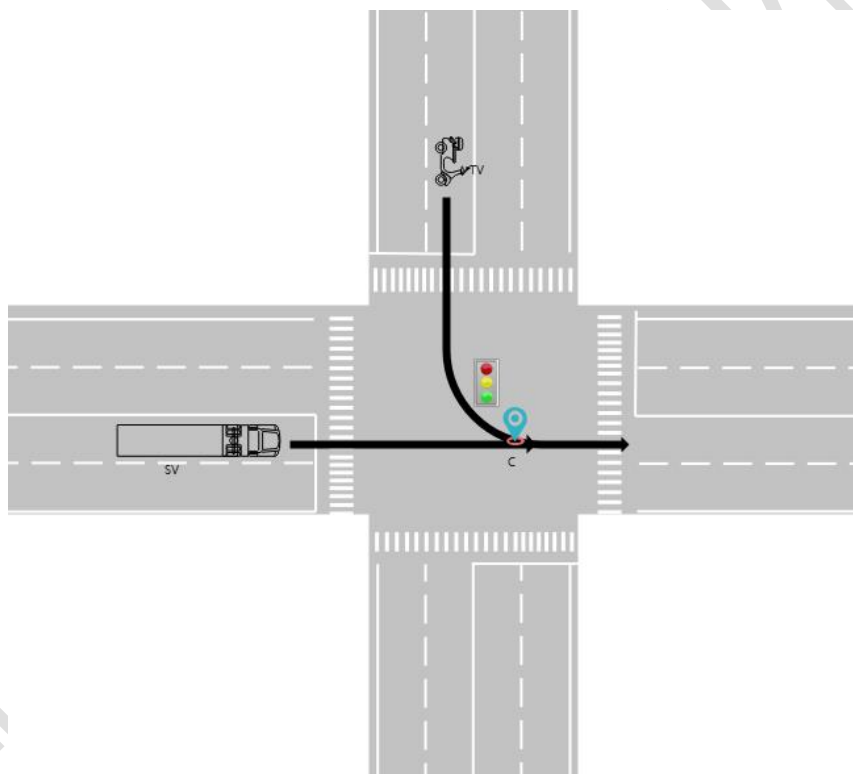


图 23 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规转向

6.2.2.2.2.1 试验过程

试验过程如下：

a) 自车按照表 14 行驶路线为直行通过路口；二轮车在垂直车道按照表 14 行驶路线为左转通过路口；

b) 自车与二轮车的潜在碰撞点 C 位于自车行驶车道中心线上，即自车在距离十字路口停车线为 50m，二轮车位于停车线位置时两车同时通过十字路口；

c) 自车距离二轮车的纵向距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据，自车行驶方向上直行信号灯为绿色，二轮车行驶方向上左转红绿灯为红色；

d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.3 正面碰撞非机动车

6.2.2.3.1 正面碰撞非机动车-二轮车逆行

6.2.2.3.1.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方对向行驶的二轮车的识别和自动制动的能力。自车沿直道/弯道行驶，与同车道逆行的二轮车发生碰撞，如图 24 和图 25，自车与二轮车的运动参数见表 15。

表 15 自车与二轮车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	二轮车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	10	150
2	40	10	150
3	80	10	150

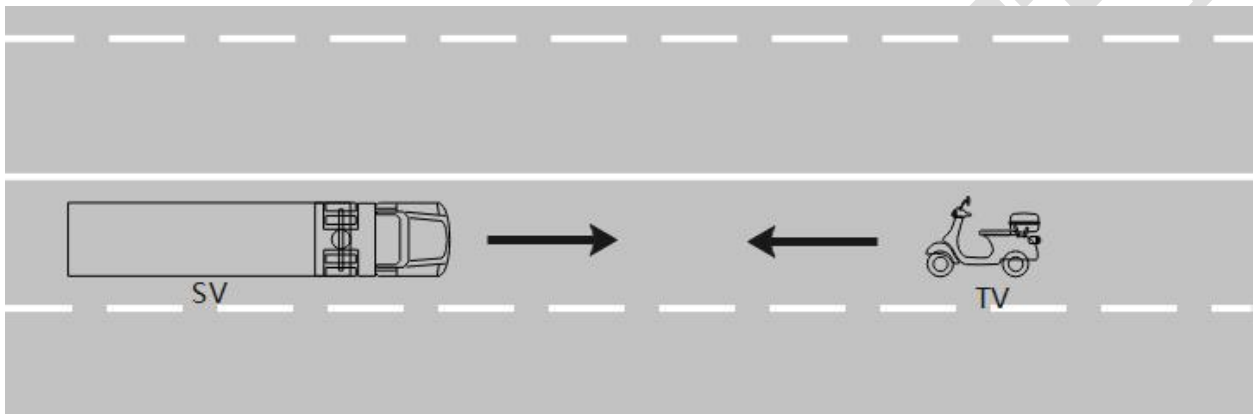


图 24 正面碰撞非机动车-二轮车逆行（直道）

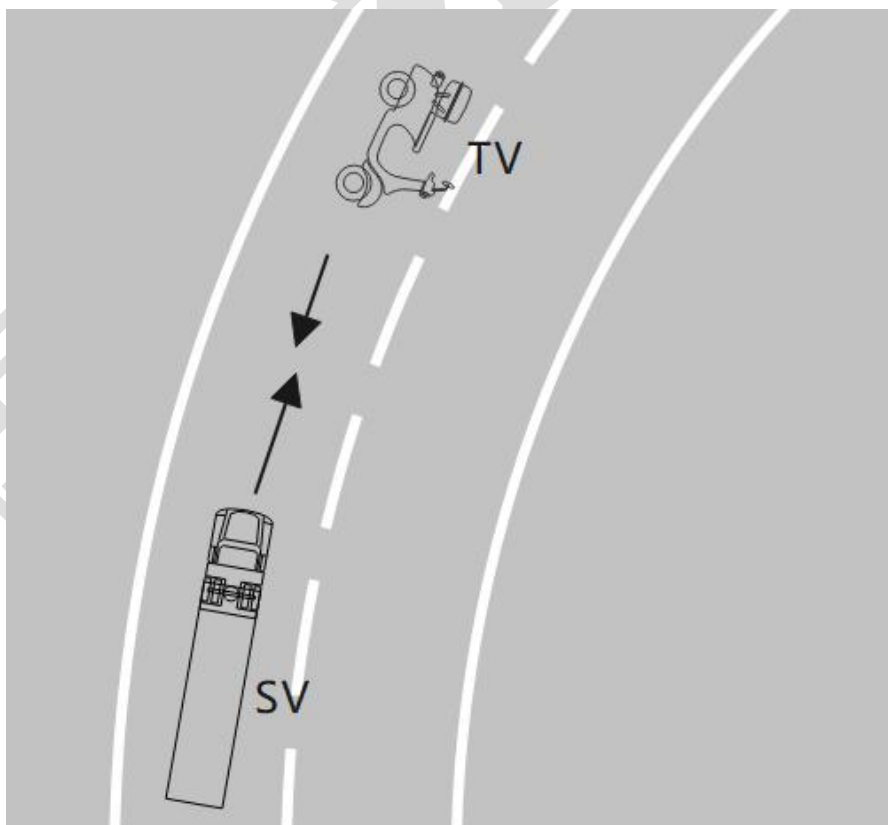


图 25 正面碰撞非机动车-二轮车逆行（弯道）

6.2.2.3.1.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 15 在直道/弯道中心线行驶，二轮车按照表 15 与自车同车道沿车道中心线逆行；
- b) 自车距离二轮车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.3.2 正面碰撞非机动车-二轮车换道

6.2.2.3.2.1 场景概述

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方对向行驶的向左切入自车车道的二轮车的识别和自动制动的能力。自车沿直道/弯道行驶，沿相邻车道对向行驶的二轮车换道进入自车行驶车道与自车存在碰撞风险，如图 26 和图 27，自车与二轮车的运动参数见表 16。

表 16 自车与二轮车的运动参数

序号	自车速度(km/h)	二轮车速度(km/h)	开始换道距离(m)	测试开始距离(m)	二轮车偏离速度(m/s)
1	10	10	12+5	150	1.0±0.05
2	40	10	43.6+10	150	1.0±0.05
3	80	10	113.1+10	150	1.0±0.05

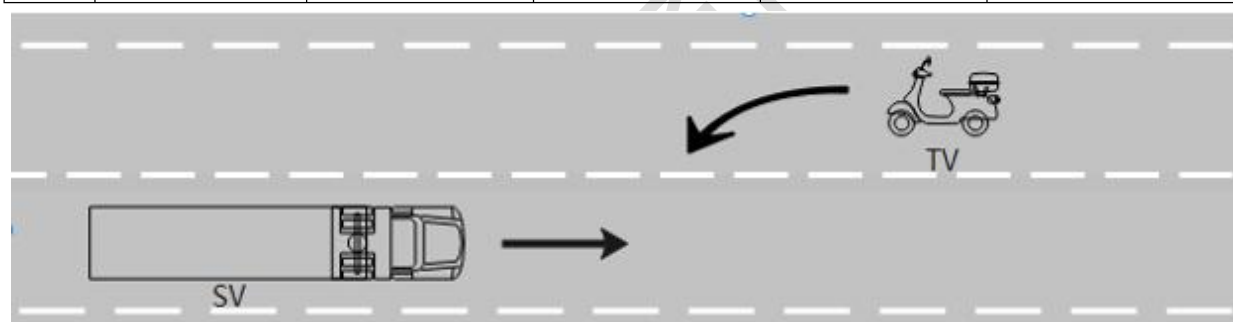


图 26 正面碰撞非机动车-二轮车换道（直道）

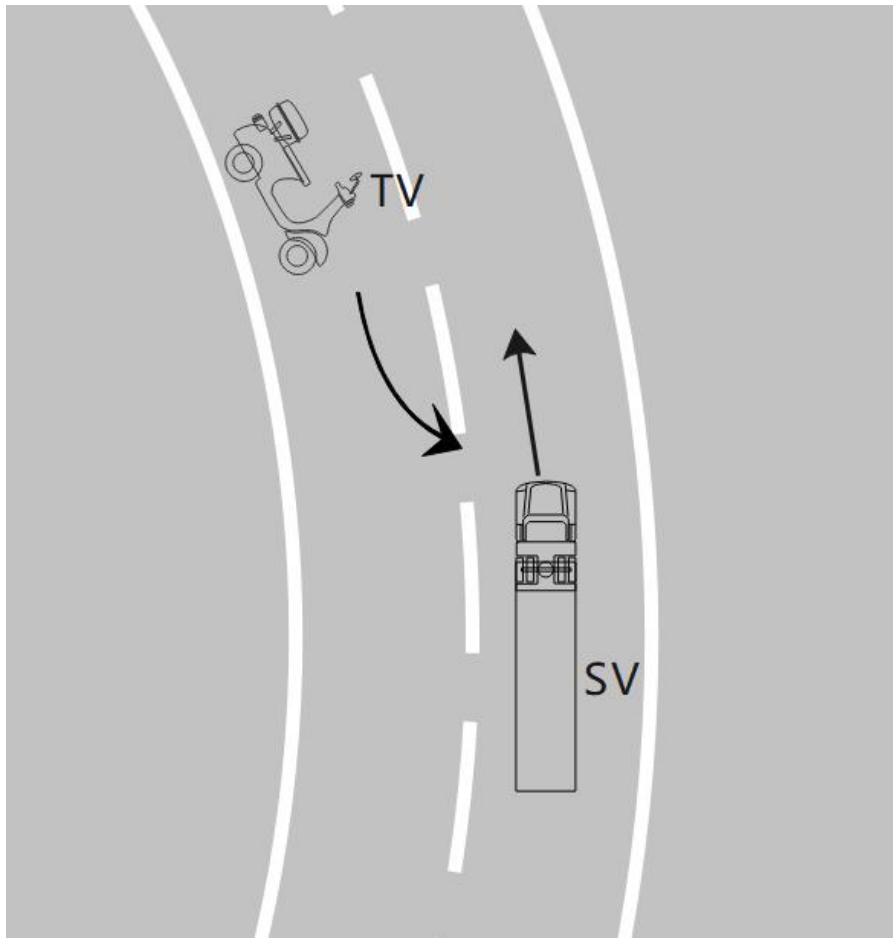


图 27 正面碰撞非机动车-二轮车换道（弯道）

6.2.2.3.2.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 16 在直道/弯道沿车道中心线行驶，沿相邻车道中心线对向行驶的二轮车按照表 16 相向行驶；
- b) 自车距离二轮车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 自车距离二轮车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至开始换道距离时，二轮车开始按照表 16 中偏离车速换道进入自车行驶车道；
- d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.2.4 刮撞非机动车-非机动车违规在机动车道行驶

2.4.2.4.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方同向行驶的和自车存在偏置的二轮车的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内在车道内沿车道中心线行驶，与在同一车道内行驶的二轮车存在刮蹭追尾碰撞风险，如图 28 和图 29，自车与二轮车的运动参数见表 17。

表 17 自车与二轮车的运动参数

序号	偏置率	自车速度(km/h)	二轮车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	-10%	10	5	150

2	-10%	40	10	150
3	-10%	80	15	150
4	10%	10	5	150
5	10%	40	10	150
6	10%	80	15	150

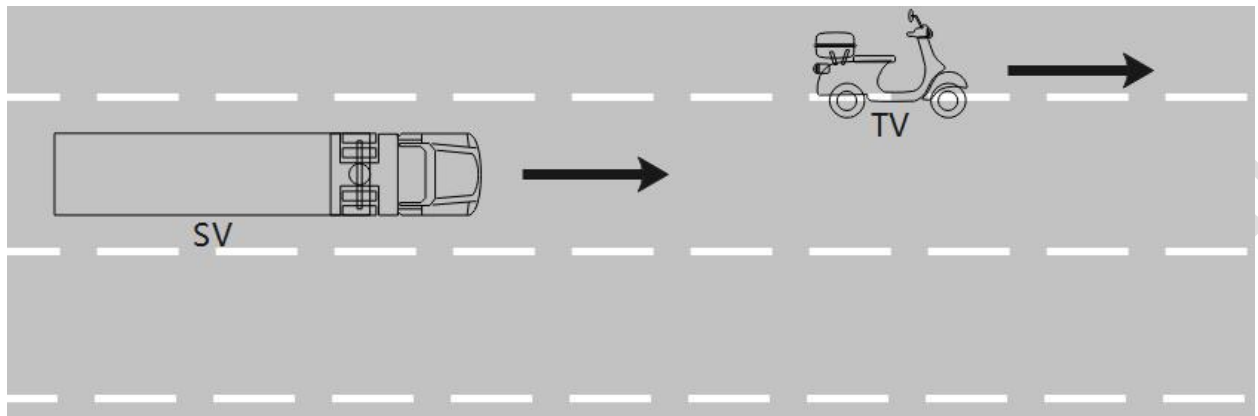


图 28 追尾碰撞非机动车-刮蹭追尾(直道)

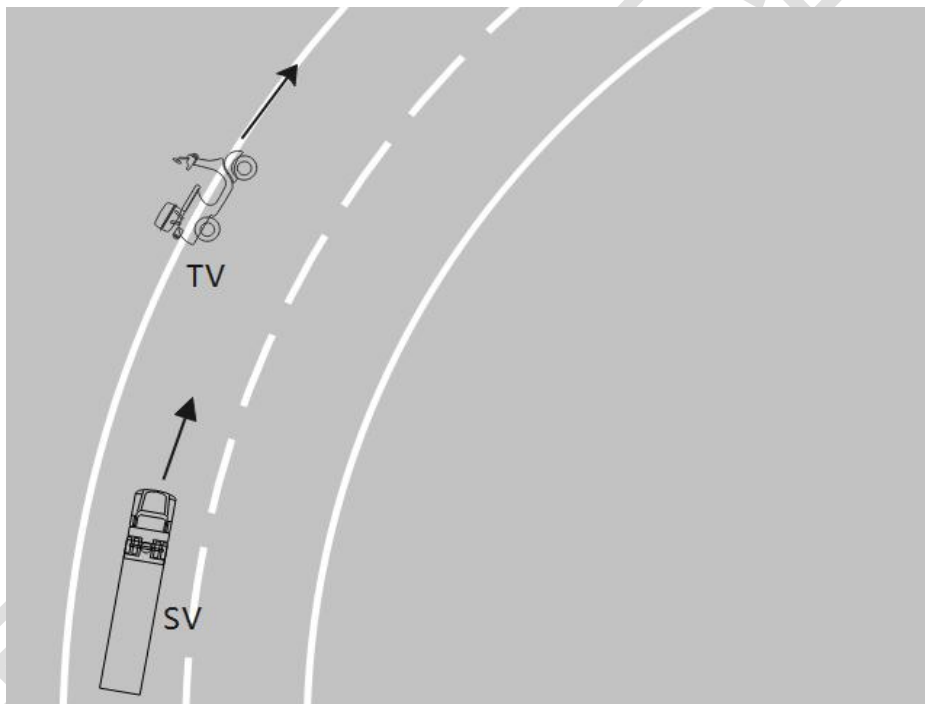


图 29 追尾碰撞非机动车-刮蹭追尾(弯道)

6.2.2.4.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 17 沿车道中心线行驶，二轮车按照表 17 与自车在同一车道内同向行驶，二轮车与自车的偏置率见表 17；
- 自车距离二轮车的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.3 碰撞行人

6.2.3.1 碰撞行人-行人横穿

6.2.3.1.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中横穿的行人的识别和自动制动的能力。自车在直道上直行，行人横穿道路，自车与行人存在碰撞风险，如图 30 和图 31，自车与行人的运动参数见表 18。

表 18 自车与行人的运动参数

序号	自车速度(km/h)	行人速度(km/h)	测试开始距离距离(m)
1	10	5	150
2	40	5	150
3	60	5	150

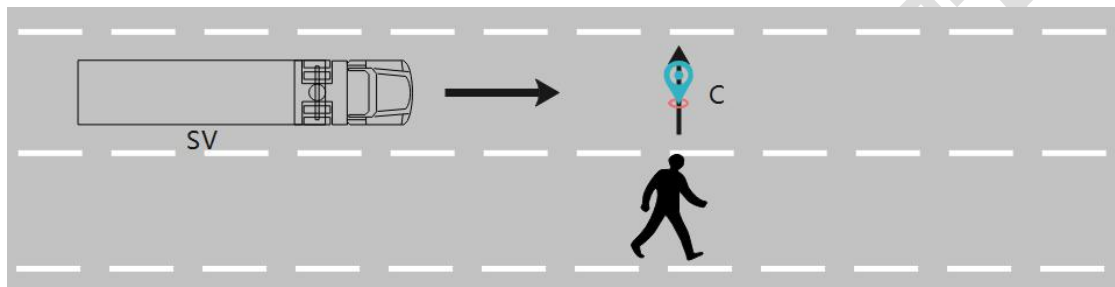


图 30 碰撞行人-行人横穿（直道）

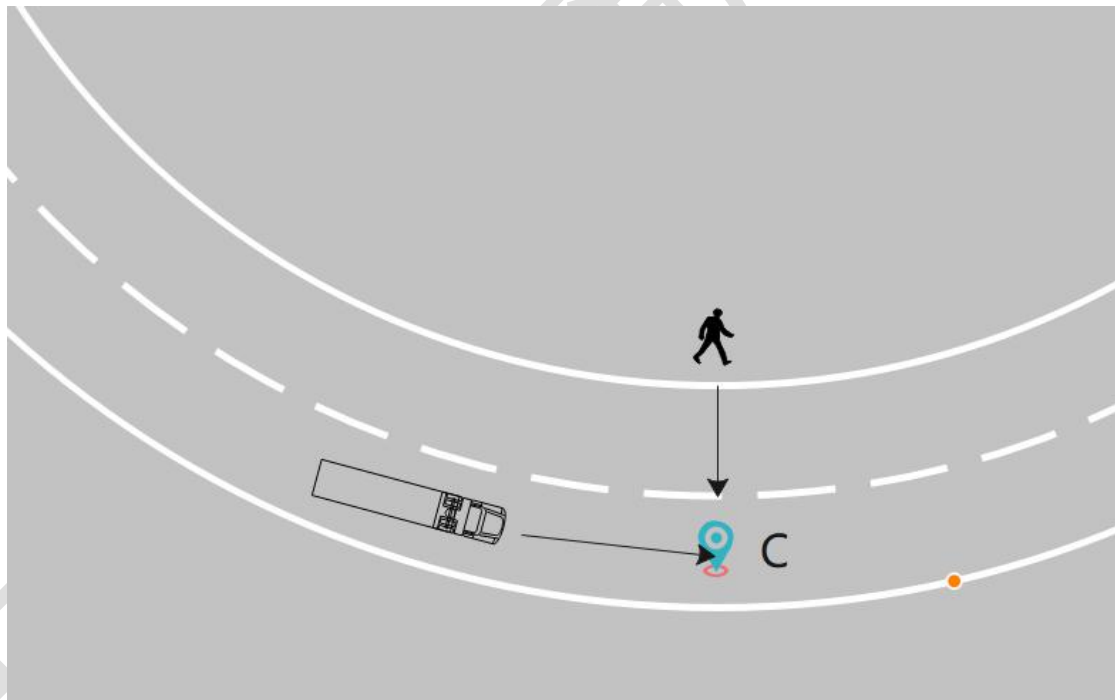


图 31 碰撞行人-行人横穿（弯道）

6.2.3.1.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 18 沿车道中心线行驶，行人按照表 18 横穿道路行走；
- 自车与行人的潜在碰撞点 C 位于自车行驶车道中心线上；
- 自车距离行人的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并

记录数据；

d) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

2.4.3.2 碰撞行人-行人横穿（自车视野遮挡）

6.2.3.2.1 场景概况

本场景用以考察AEBS功能对于十字路口中有遮挡的横穿过十字路口的行人的识别和自动制动的能力。自车直行通过路口，相邻车道的货车等待左转，自车因为视线遮挡与行人存在碰撞风险，如图32，自车与行人的运动参数见表19。

表 19 自车与行人的运动参数

序号	自车速度(km/h)	行人速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	5	150
2	40	5	150

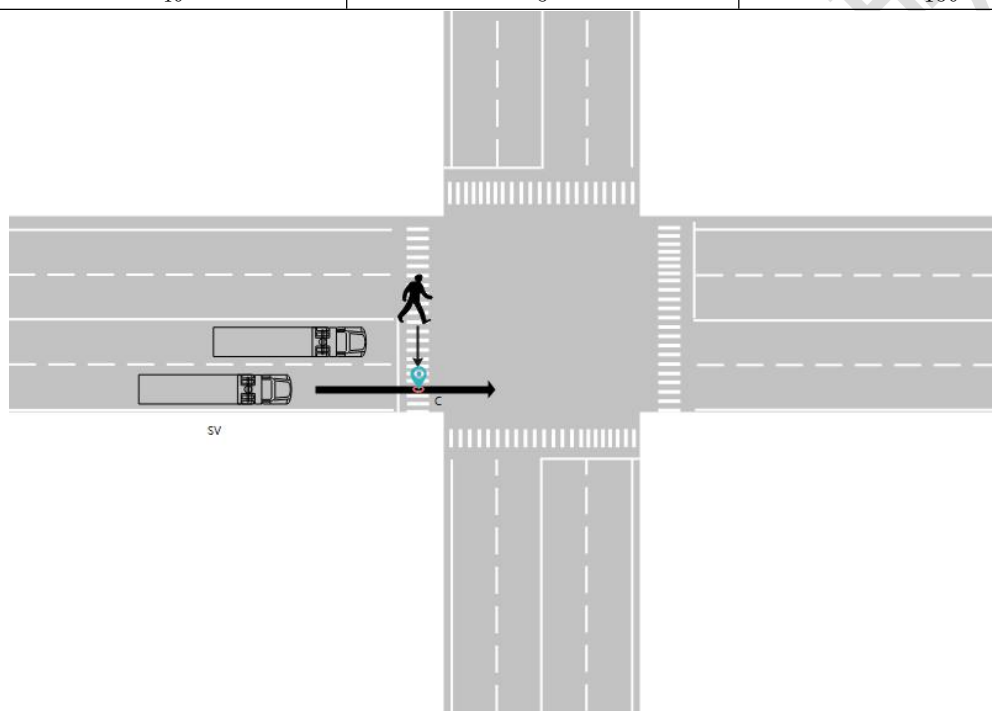


图 32 碰撞行人-行人横穿（自车视野遮挡）

6.2.3.2.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 19 沿车道中心线行驶，相邻车道待转车辆静止于路口停车线，行人按照表 19 沿人行横道通过马路；
- 自车与行人的潜在碰撞点 C 在自车行驶车道中心线上；
- 自车距离行人的纵向距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

2.4.3.3 碰撞行人-行人马路直行

6.2.3.3.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方行走的行人的识别和自动制动的能力。自车沿车道中心线行驶，行人在自车行驶车道沿车道行走，自车与行人存在碰撞风险，如图 33 和图 34，自车与

行人的运动参数见表 20。

表 20 自车与目标车的运动参数

序号	自车速度 (km/h)	行人速度 (km/h)	测试开始距离 (m)
1	10	5	150
2	40	5	150
3	60	5	150

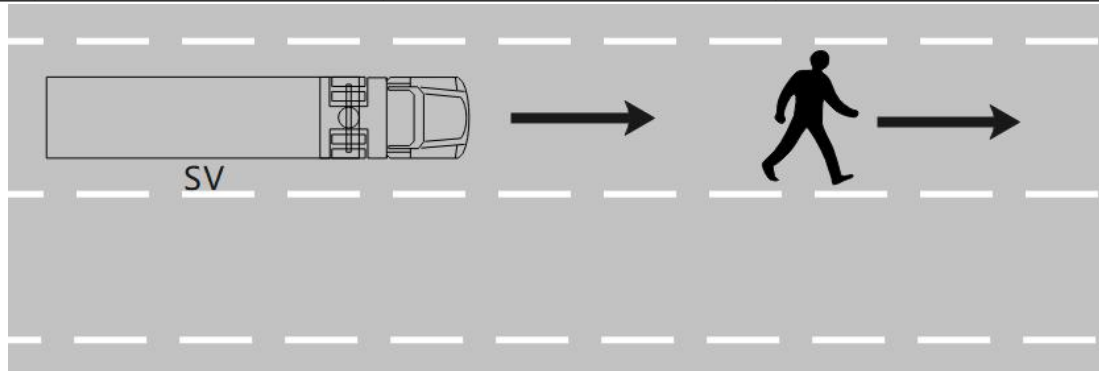


图 33 碰撞行人-行人马路直行（直道）

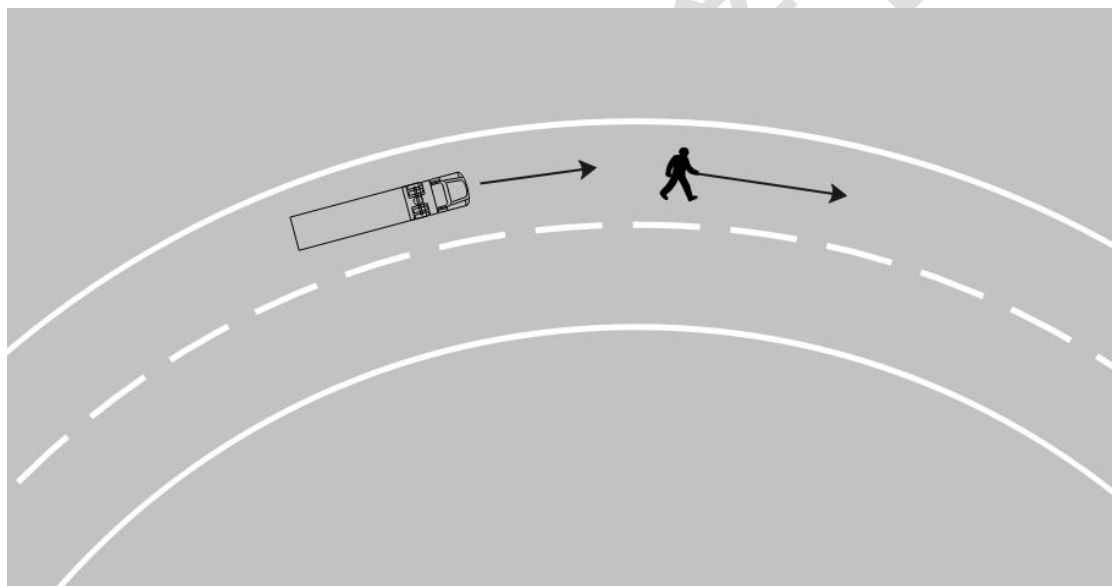


图 34 碰撞行人-行人马路直行（弯道）

6.2.3.3.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 20 沿车道中心线行驶，行人按照表 20 在自车行驶车道沿车道中心线行走；
- 自车距离行人的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.3.4 碰撞行人-自车左转行人马路直行

6.2.3.4.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能在自车右转过十字路口时对沿马路直行的行人的识别和自动制动的能力。自车左通过路口，与目标车道正在沿道路直行的行人存在碰撞风险，如图 35，自车与行人的运动

参数见表 21。

表 21 自车与行人的运动参数

序号	自车速度(km/h)	行人速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	5	150
2	40	5	150

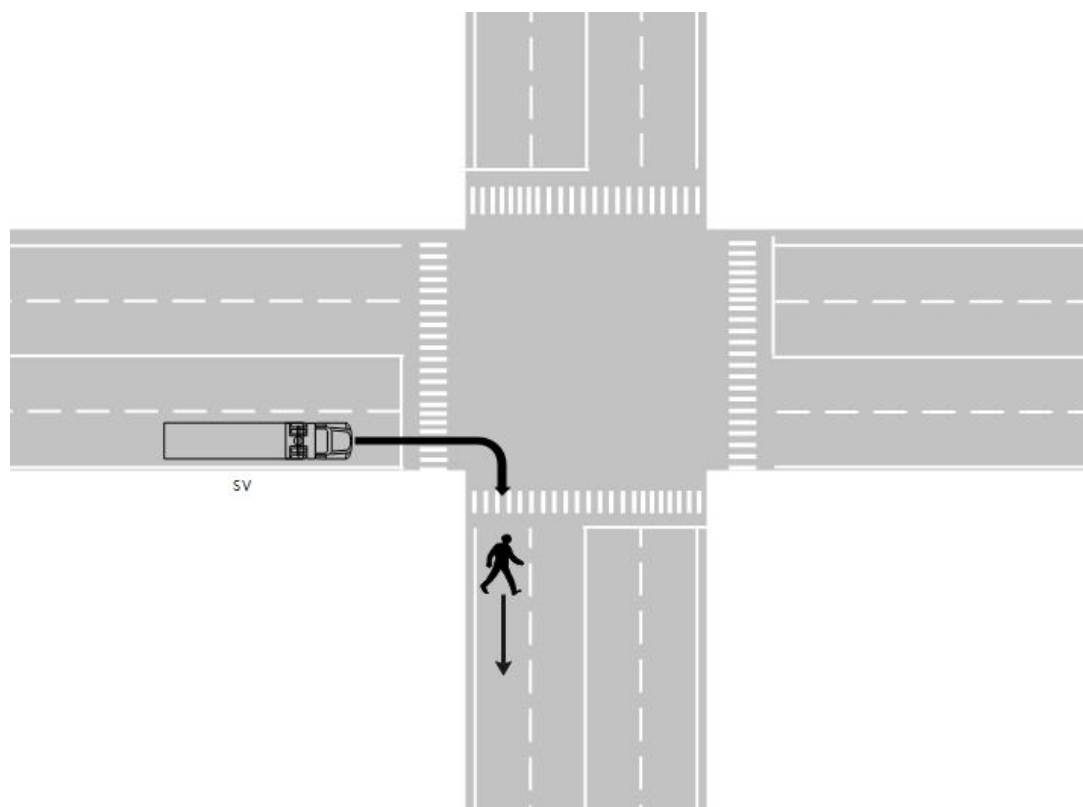


图 35 碰撞行人-自车右转弯行人直行

6.2.3.4.2 试验过程

试验过程如下：

- 自车按照表 21 沿车道中心线行驶，行驶路线为左转通过路口，行人按照表 21 沿道路中心线直行；
- 自车距离行人的行驶距离缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.3.5 刮撞行人-行人马路直行（偏置）

6.2.3.5.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方同方向行走的和自车存在偏置的行人的识别和自动制动的能力。自车在直道/弯道内在车道内沿车道中心线行驶，与在同一车道内行驶的行人存在刮蹭追尾碰撞风险，如图 36 和图 37，自车与行人的运动参数见表 22。

表 22 自车与行人的运动参数

序号	偏置率	自车速度(km/h)	行人速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	-10%	10	5	150
2	-10%	40	5	150
3	-10%	60	5	150

4	10%	10	5	150
5	10%	40	5	150
6	10%	60	5	150

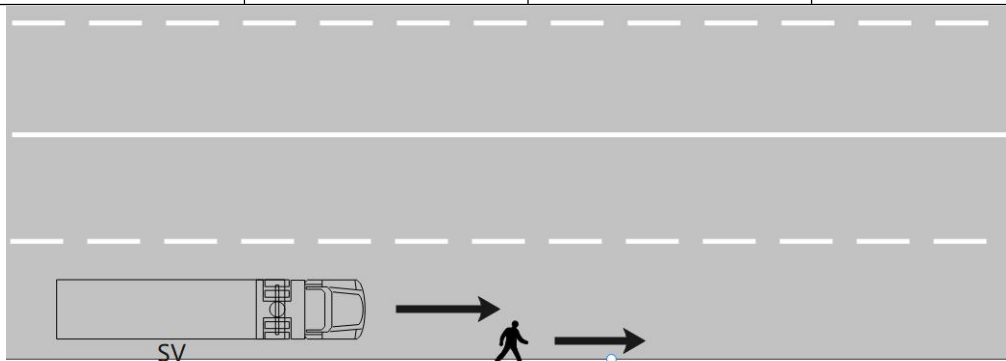


图 36 刮撞行人-行人马路直行（直道）

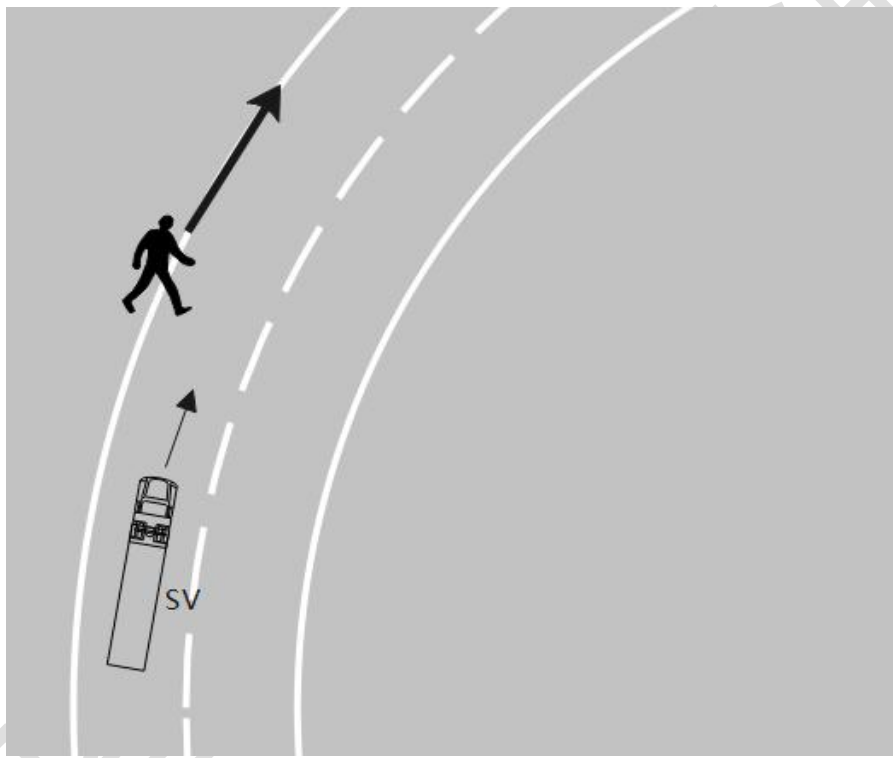


图 37 刮撞行人-行人马路直行（弯道）

6.2.3.5.1 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 22 沿车道中心线行驶，行人按照表 22 在自车行驶车道沿行走，自车与行人的偏置率见表 22；
- b) 自车距离行人的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）缩小至测试开始距离时，测试开始并记录数据；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.4 碰撞道路设施

碰撞道路设施的测试场景只对具备该测试场景能力的 AEBS 系统进行测试。

6.2.4.1 碰撞道路设施-碰撞隧道壁

6.2.4.1.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方隧道壁的认识和自动制动的能力。自车沿车道行驶，车道前方设置符合隧道壁特性的墙壁，墙壁不低于 1.5m，且与测试车道中心线垂直，如图 38 和图 39，运动参数见表 23。

表 23 自车运动参数

序号	自车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	150
2	40	150
3	80	150

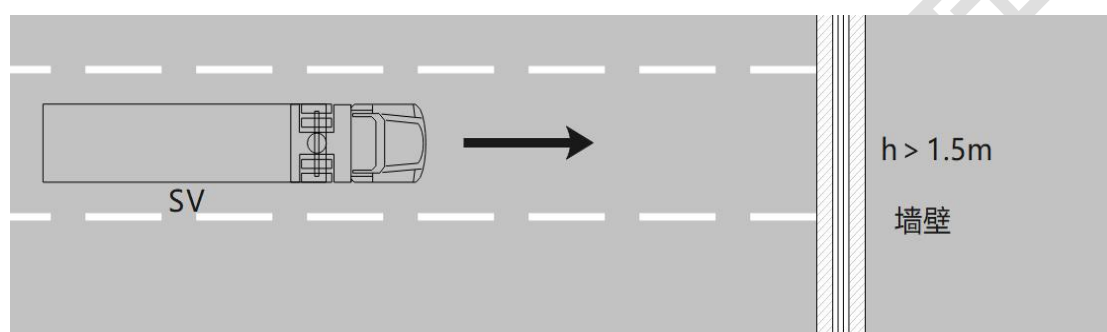


图 38 撞道路设施-碰撞隧道壁（直道）

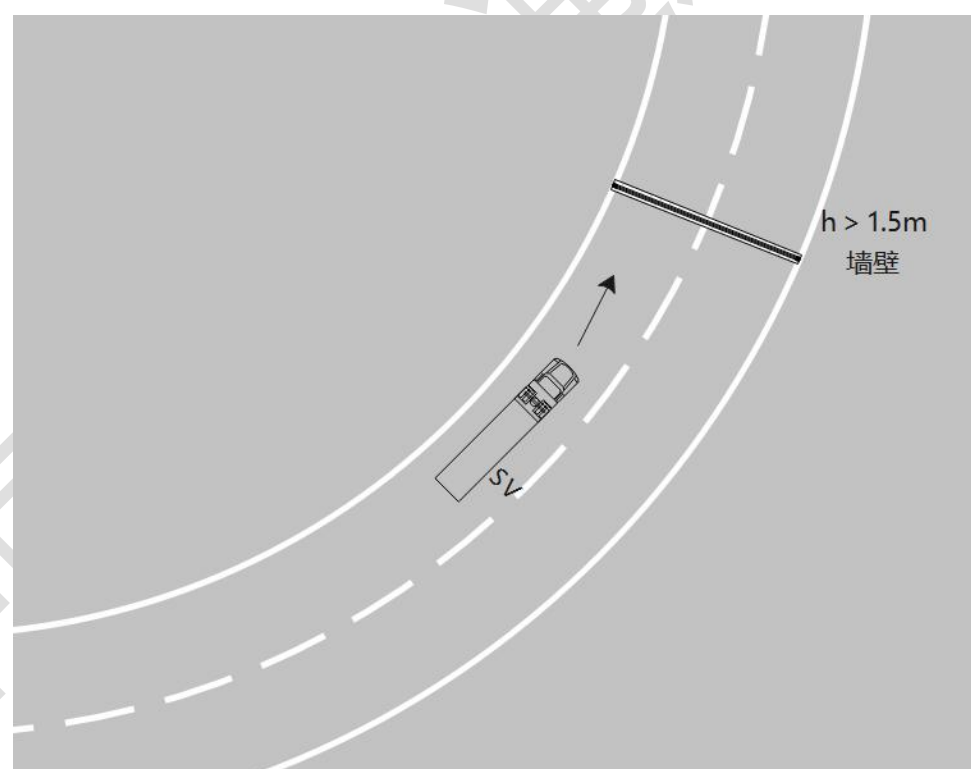


图 39 撞道路设施-碰撞隧道壁（弯道）

6.2.4.1.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 23 沿车道中心线行驶；
- b) 当自车和墙壁的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）等于测试开始距离，测试开始；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.4.2 碰撞道路设施-碰撞限高杆

6.2.4.2.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道/弯道中前方限高杆的识别和自动制动的能力，自车沿车道行驶，车道前方设置符合金属特性的限高杆，高度比测试车辆申报车辆高度低 0.3m，且与测试车道中心线垂直，如图 40 和图 41，自车的运动参数见表 24。

表 24 自车运动参数

序号	自车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	150
2	40	150
3	80	150

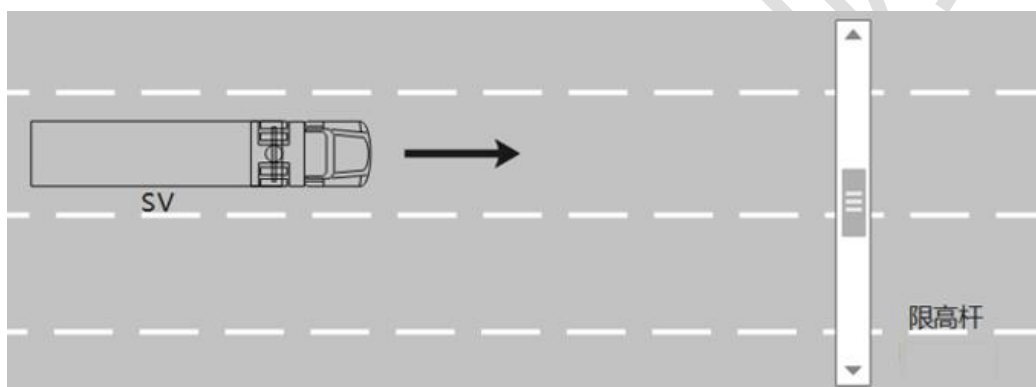


图 40 碰撞道路设施-碰撞限高杆（直道）

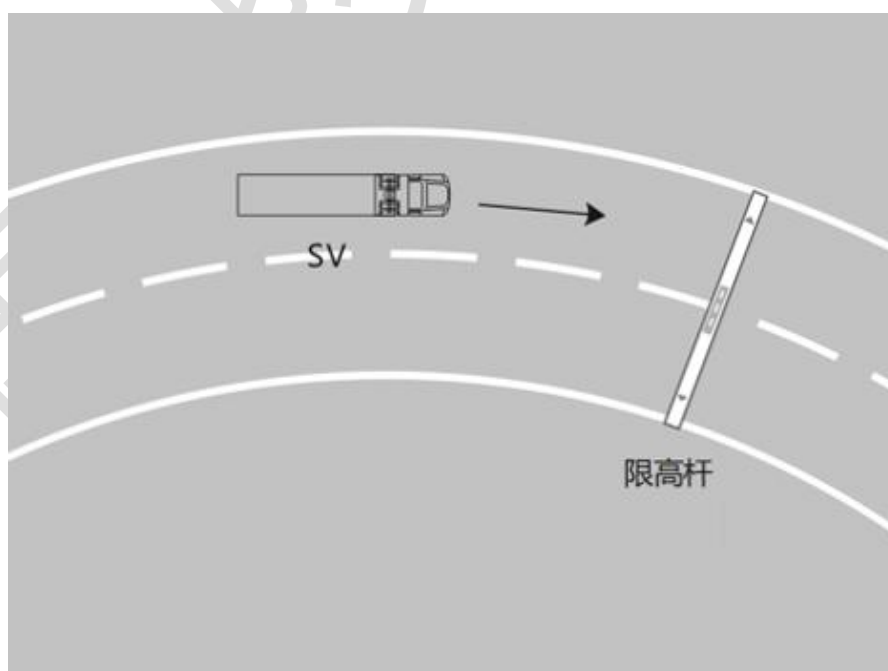


图 41 碰撞道路设施-碰撞限高杆（弯道）

6.2.4.2.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 24 沿车道中心线行驶；
- b) 当自车和限高杆的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）等于测试开始距离，测试开始并记录数据；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

6.2.4.3 碰撞道路设施-碰撞隔离墩

6.2.4.3.1 场景概况

本场景用以考察 AEBS 功能对于直道中前方隔离墩的识别和自动制动的能力，自车沿车道行驶，车道前方设置符合隔离墩特性的隔离墩，高度为 0.5m，间距 2m，且与测试车道中心线垂直，如图 42 和图 43，自车的运动参数见表 25。

表 25 自车运动参数

序号	自车速度(km/h)	测试开始距离(m)
1	10	150
2	40	150
3	80	150

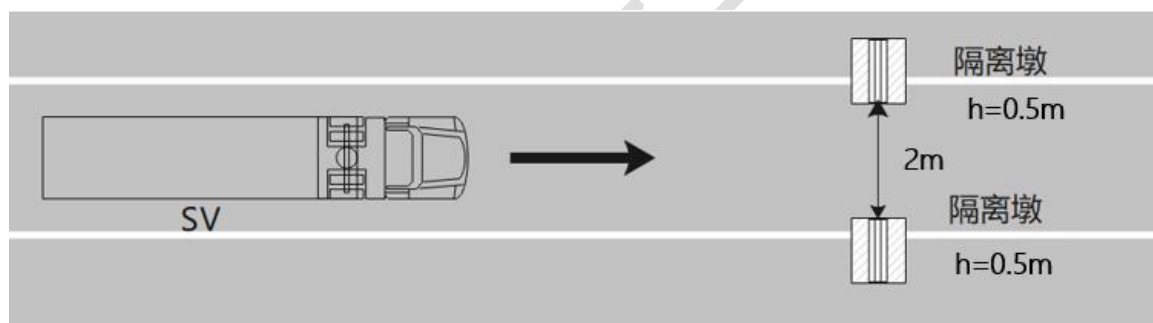


图 42 碰撞道路设施-碰撞隔离墩（直道）

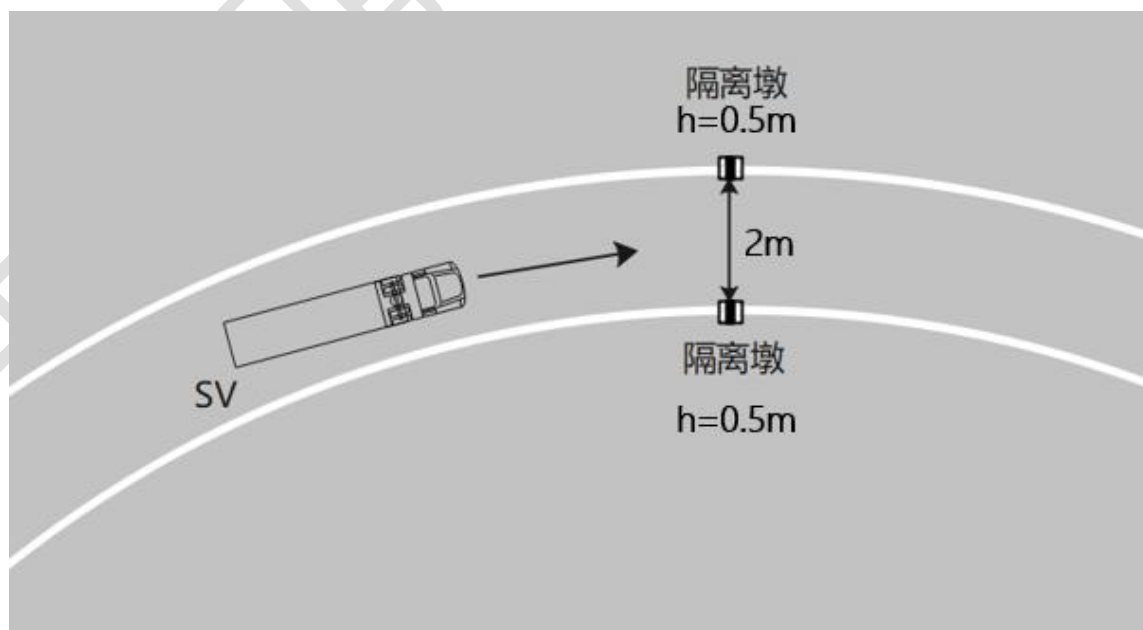


图 43 碰撞道路设施-碰撞隔离墩（弯道）

6.2.4.3.2 试验过程

试验过程如下：

- a) 自车按照表 25 沿车道中心线行驶；
- b) 当自车和隔离墩的纵向距离（/弯道中沿车道中心线距离）等于测试开始距离，测试开始并记录数据；
- c) 自车触发紧急制动停车或发生碰撞后，试验结束。

7 评价指标

测试应满足以下要求：

- a) TTC 大于 4.4s 不进行预警；
- b) TTC 大于 3s 不进行紧急制动；
- c) 紧急制动的减速度应不小于 0.4g；
- d) 紧急制动 1.4s 前应进行一级预警，0.8s 前应进行二级预警；
- e) 应全部能够避免碰撞发生。

8 测试方法

8.1 总体测试流程

总体测试流程如下：

- a) 动力学模型校核测试，见附录 A；
- b) 传感器信号校核测试，见附录 B；
- c) 仿真测试，见章节 8.2。

8.2 仿真测试

被测对象应依次执行下列测试，每个测试项目的测试次数为 3 次。

8.2.1 碰撞机动车

8.2.1.1 追尾碰撞机动车

8.2.1.1.1 追尾碰撞机动车-目标车匀速

依次执行表 26 中项目，单项测试流程参见 6.2.1.1.1。

表 26 测试项目

序号	直道偏置率	自车速度 (km/h)	目标车速度 (km/h)	弯道曲率半径 (m)
1	-50%	10	5	直道
2	-50%	40	20	直道
3	-50%	80	40	直道
4	-75%	10	5	直道
5	-75%	40	20	直道
6	-75%	80	40	直道
7	100%	10	5	直道
8	100%	40	20	直道
9	100%	80	40	直道
10	50%	10	5	直道
11	50%	40	20	直道

表 26 测试项目 (续)

序号	直道偏置率	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率半径 (m)
12	50%	80	40	直道
13	75%	10	5	直道
14	75%	40	20	直道
15	75%	80	40	直道
16	/	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
17	/	40	20	100-550(按照 50 间隔进行测试)
18	/	80	40	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.1.1.2 追尾碰撞机动车-目标车减速

依次执行表 27 中项目, 单项测试流程参见 6.2.1.1.2。

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率半径 (m)
1	10	10	直道
2	40	40	直道
3	80	80	直道
4	10	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	40	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	80	250-550(按照 50 间隔进行测试)

表 27 测试项目

8.2.1.1.3 追尾碰撞机动车-目标车换道

依次执行表 28 中项目, 单项测试流程参见 6.2.1.1.3。

表 28 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率半径 (m)
1	10	5	直道
2	40	20	直道
3	80	40	直道
4	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	20	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	40	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.1.1.4 追尾碰撞机动车-目标车静止

依次执行表 29 项目, 单项测试流程参见 6.2.1.1.4。

表 29 测试项目

序号	偏置率	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率半径 (m)
----	-----	------------	-------------	------------

表 29 测试项目 (续)

序号	偏置率	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率半径 (m)
1	-50%	10	0	直道
2	-50%	40	0	直道
3	-50%	80	0	直道
4	-75%	10	0	直道
5	-75%	40	0	直道
6	-75%	80	0	直道
7	100%	10	0	直道
8	100%	40	0	直道
9	100%	80	0	直道
10	50%	10	0	直道
11	50%	40	0	直道
12	50%	80	0	直道
13	75%	10	0	直道
14	75%	40	0	直道
15	75%	80	0	直道
16	/	10	0	50-550(按照 50 间隔进行测试)
17	/	40	0	100-550(按照 50 间隔进行测试)
18	/	80	0	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.1.2 侧面碰撞机动车

8.2.1.2.1 侧面碰撞机动车-目标车直行通过路口

依次执行表 30 中项目, 单项测试流程参见 6.2.1.2.1。

表 30 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)
1	10	10
2	40	40
3	80	80

8.2.1.2.2 侧面碰撞机动车-目标车左转通过路口

依次执行表 31 中项目, 单项测试流程参见 6.2.1.2.2。

表 31 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)
1	10	10
2	40	40

8.2.1.3 正面碰撞机动车

8.2.1.3.1 正面碰撞机动车-目标车逆行

依次执行表 32 中项目, 单项测试流程参见 6.2.1.3.1。

表 32 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	10	直道
2	40	10	直道
3	80	10	直道
4	10	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)

6	80	10	250-550(按照 50 间隔进行测试)
---	----	----	-----------------------

8.2.1.3.2 正面碰撞机动车-目标车换道

依次执行表 33 中项目，单项测试流程参见 6.2.1.3.2。

表 33 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	10	直道
2	40	10	直道
3	80	10	直道
4	10	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	10	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.2 碰撞非机动车

8.2.2.1 追尾碰撞非机动车

8.2.2.1.1 追尾碰撞非机动车-二轮车直行

依次执行表 34 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.1.1。

表 34 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	5	直道
2	40	10	直道
3	80	15	直道
4	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	15	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.2.1.2 追尾碰撞非机动车-二轮车换道

依次执行表 35 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.1.2。

表 35 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	5	直道
2	40	10	直道
3	80	15	直道
4	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	15	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.2.2 侧面碰撞非机动车

8.2.2.2.1 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规直行

依次执行表 36 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.2.1。

表 36 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)
1	10	5
2	40	10
3	80	15

8.2.2.2.2 侧面碰撞非机动车-二轮车路口违规转向

依次执行表 37 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.2.2。

表 37 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)
1	10	5
2	40	10
3	80	15

8.2.2.3 正面碰撞非机动车

8.2.2.3.1 正面碰撞非机动车-二轮车逆行

依次执行表 38 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.3.1。

表 38 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	10	直道
2	40	10	直道
3	80	10	直道
4	10	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	10	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.2.3.2 正面碰撞非机动车-二轮车换道

依次执行表 39 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.3.2。

表 39 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	10	直道
2	40	10	直道
3	80	10	直道
4	10	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	10	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.2.4 刮撞非机动车-非机动车违规在机动车道行驶

依次执行表 40 中项目，单项测试流程参见 6.2.2.4。

表 40 测试项目

序号	自车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
1	-10%	10	直道
2	-10%	40	直道
3	-10%	80	直道

表 40 测试项目 (续)

序号	自行车速度(km/h)	目标车速度(km/h)	弯道曲率
4	10%	10	直道
5	10%	40	直道
6	10%	80	直道
7	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
8	40	10	100-550(按照 50 间隔进行测试)
9	80	15	250-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.3 碰撞行人

8.2.3.1 碰撞行人-行人横穿

依次执行表 41 中项目, 单项测试流程参见 6.2.3.1。

表 41 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	行人速度(km/h)	弯道曲率
1	10	5	直道
2	40	5	直道
3	60	5	直道
4	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	5	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	60	5	150-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.3.2 碰撞行人-行人横穿(自行车视野遮挡)

依次执行表 42 中项目, 单项测试流程参见 6.2.3.2。

表 42 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	行人速度(km/h)
1	10	5
2	40	5
3	60	5

8.2.3.3 碰撞行人-行人马路直行

依次执行表 43 中项目, 单项测试流程参见 6.2.3.3。

表 43 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	行人速度(km/h)	弯道曲率
1	10	5	直道
2	40	5	直道
3	60	5	直道
4	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	5	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	60	5	150-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.3.4 碰撞行人-自行车左转行人马路直行

依次执行表 44 中项目, 单项测试流程参见 6.2.3.4。

表 44 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	行人速度(km/h)
----	-------------	------------

1	10	5
2	40	5

8.2.3.5 刮撞行人-行人马路直行（偏置）

依次执行表 45 中项目，单项测试流程参见 6.2.3.5。

表 45 测试项目

序号	偏置率	自行车速度(km/h)	行人速度(km/h)	弯道曲率
1	-10%	10	5	直道
2	-10%	40	5	直道
3	-10%	60	5	直道
4	10%	10	5	直道
5	10%	40	5	直道
6	10%	60	5	直道
7	/	10	5	50-550(按照 50 间隔进行测试)
8	/	40	5	100-550(按照 50 间隔进行测试)
9	/	60	5	150-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.4 碰撞道路设施

8.2.4.1 碰撞道路设施-碰撞隧道壁

依次执行表 46 中项目，单项测试流程参见 6.2.4.1。

表 46 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	直道
2	40	直道
3	80	直道
4	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	150-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.4.2 碰撞道路设施-碰撞限高杆

依次执行表 47 中项目，单项测试流程参见 6.2.4.2。

表 47 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	直道
2	40	直道
3	80	直道
4	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)
5	40	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	150-550(按照 50 间隔进行测试)

8.2.4.3 碰撞道路设施-碰撞隔离墩

依次执行表 48 中项目，单项测试流程参见 6.2.4.3。

表 48 测试项目

序号	自行车速度(km/h)	弯道曲率
1	10	直道
2	40	直道
3	80	直道
4	10	50-550(按照 50 间隔进行测试)

5	40	100-550(按照 50 间隔进行测试)
6	80	150-550(按照 50 间隔进行测试)

中国智能交通产业联盟

附 录 A
(规范性)
动力学模型校核测试

A.1 实车场地测试

A.1.1 测试条件

试验条件如下:

- a) 载荷条件: 车辆按 GB/T 12428 的规定进行加载至厂定最大总质量状态, 载荷固定牢靠;
- b) 环境条件: 环境温度 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$, 风速小于 5m/s ;
- c) 道路条件: 路面干燥、平整 (ABS 试验除外), 峰值附着系数大于 0.8, 路面纵向;
- d) 坡度和横向坡度均不大于 1%;
- e) 车辆条件: 车辆技术状况需符合 GB/T 12534 和出厂技术要求, 并须进行不低于 1000km 行驶或 100 次制动器磨合 (对于不足 1000km 里程时, 可按 $10\text{km}=1$ 次磨合折算), 轮胎花纹深度不低于新胎时的 50%, 轮胎气压为厂定气压, 确保车辆制动及其他安全系统处于正常工作状态;
- f) 常规制动条件: 制动机器人操作, 制动机器人从触动制动踏板到踏板行程位置最大时的时间为 0.2s。

A.1.2 测试流程

车辆制动初速度为 $80\pm 2\text{km/h}$, 测量车辆的制动距离, 试验程序如下:

- a) 设备安装, 安装转向机器人和制动机器人, 调整转向机器人路径跟随控制误差, 使 60km/h 速度下直线路径跟随控制横向误差不大于 15cm ; 制动机器人从触动制动踏板到踏板行程位置最大时的时间为 0.2s;
- b) 制动器预热, 但应保证制动器处于冷态 (制动盘/鼓温度处于 $65^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之间);
- c) 设定制动机器人制动速度 80km/h , 试验车辆加速至高于 83km/h 后, 车辆在正常行驶挡位滑行, 触发转向机器人和制动机器人进入待执行状态, 等待制动机器人进行全行程制动, 使车辆停住 (此时发动机不应熄火);
- d) 记录触发车速、制动缸压力、踏板行程等总线数据以及制动距离等试验数据;
- e) 试验往返方向各进行一次;
- f) 应急情况处置: 当车辆在试验过程中出现不稳定状态时, 应立即终止机器人执行试验, 停止紧急制动状态, 由驾驶员控制车辆安全行驶, 并查找分析原因, 由试验负责人员确定危险状况后决定是否继续试验。

A.2 仿真对比测试

HIL 测试平台的执行端为动力学模型, 仿真对比测试方法如下:

- a) 参照 A.1.1 的场地制动测试方法, 试验车速从 10km/h 开始, 每次试验增加 10km/h 的车速, 最大车速为 100km/h . 在仿真环境中仿真车辆的制动能力, 从减速度达到最大值 S_{max} 的阶跃时间为 S_t , 从制动开始到车辆停止的制动距离为 S_d , 平均制动减速度 S_{a_0} ;
- b) 参照 A.1.1 的场地制动测试方法, 试验车速从 10km/h 开始, 每次试验增加 10km/h 的车速, 最大车速为 100km/h . 从减速度达到最大值 $F_{a_{\text{max}}}$ 的阶跃时间为 F_t , 从制动开始到车辆停止的制动距离为 F_d , 平均制动减速度 F_{a_0} 。

A.3 测试通过性

应符合 5.1.1 的要求。

附录 B
(规范性)
传感器信号校核测试

B.1 摄像头模型测试

B.1.1 摄像头模型测试流程

摄像头模型测试流程如下

- a) 在场景软件中建立起与实际被测车辆相同外观尺寸的车辆模型；
- b) 在同 A.2.1 相同测试条件场地中，将实际车辆放置于摄像头前方距离 80 米的正前方位置，并拍摄至少 10 组图片，记录输出的距离 DF、车辆类型信息；
- c) 在场景软件中，建立同 A.2.1 相同测试条件，将建立起的车辆模型置于摄像头正前方 80 米的位置，并拍摄至少 10 组图片，记录输出的距离 DS、车辆类型信息；
- d) 计算距离误差 $|DF-DS|/DF$ 。

B.1.2 测试通过性

应符合 5.2.1 的要求。

B.2 激光雷达模型

B.2.1 激光雷达模型测试流程

激光雷达模型测试流程如下：

- a) 在场景软件中建立起相应的激光雷达模型；
- b) 在场景软件中建立起与实际被测车辆相同外观尺寸的车辆模型；
- c) 在同 A.2 相同测试条件场地中，将实际车辆静置于直径为 300 米的空旷圆形广场中间位置，被测激光雷达安装位置与实际应用安装位置相同，激光雷达距离车辆 50 米；
- d) 对标车辆车头按照 0° 、 90° 、 180° 和 270° 的朝向相对激光雷达，记录不同朝向下的输出点云数量 LF_i ；
- e) 在同 A.2 相同测试条件场地中，将仿真用的车辆模型静置于直径为 300 米的空旷圆形广场中间位置，被测激光雷达安装位置与实际应用安装位置相同，激光雷达距离车辆 50 米；
- f) 仿真模型车辆车头按照 0° 、 90° 、 180° 和 270° 的朝向相对激光雷达，记录不同朝向下的输出点云数量 LS_i ；
- g) 计算 $|LF_i-LS_i|/LF_i$ 。

B.2.1 测试通过性

应符合 5.2.3 的要求。

T/ITS 0155- 2021

中国智能交通产业联盟

标准

营运车辆自动紧急制动系统仿真测试与评价方法

T/ITS 0155- 2021

北京市海淀区西土城路 8 号（100088）

中国智能交通产业联盟印刷

网址：<http://www.c-its.org.cn>

2021 年 12 月第一版 2021 年 12 月第一次印刷