

# i-VISTA

## 智能汽车指数

编号:i-VISTA SM-IS.AEB.C2C-TP-A0-2020

---

智能安全

车对车自动紧急制动系统试验规程

Intelligent Safety

AEB Car-to-Car System Test Protocol

(2020 版)

---

中国汽车工程研究院股份有限公司 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.....	1
4 试验准备.....	3
4.1 场地要求.....	3
4.2 环境要求.....	4
4.3 设备要求.....	4
4.4 车辆准备.....	4
5 试验方法.....	5
5.1 FCW 功能试验.....	5
5.2 AEB 功能试验.....	8
5.3 高级辅助功能验证试验.....	10
6 试验拍摄.....	10
7 数据处理.....	11
7.1 加速度踏板位置.....	11
7.2 横向和纵向位置.....	11
7.3 纵向加速度.....	11
7.4 速度.....	11
7.5 横摆角速度.....	11
7.6 转向盘角速度.....	11

# 前 言

i-VISTA (Intelligent Vehicle Integrated Systems Test Area) 是在国家工信部和重庆市政府支持下，共筹共建的具有国际领先水平的智能汽车和智慧交通应用示范工程及产品工程化公共服务平台。基于 i-VISTA 示范区平台，中国汽车工程研究院股份有限公司在中国汽车工业协会和中国汽车工程学会的联合指导下，充分研究并借鉴国内外智能网联汽车试验评价方法，结合中国自然驾驶数据和中国驾驶员行为统计特性分析的研究成果，经过多轮论证，形成 i-VISTA 智能汽车指数评价体系。

i-VISTA 智能汽车指数从消费者立场出发，从安全、体验、能耗、效率四个维度设计试验评价场景，对智能网联汽车进行中立公正专业权威的评价。评价结果以直观量化的等级——优秀 (G)、良好 (A)、一般 (M)、较差 (P) 的形式定期对外发布，为消费者购车用车提供参考，引导整车和零部件企业进对产品进行优化升级。

车对车自动紧急制动系统 (AEB C2C, Autonomous Emergency Braking Car to Car System) 是先进驾驶辅助系统 (ADAS, Advanced Driver Assistant System) 的子产品之一，能够避免或减轻因驾驶员未注意到前方车辆而可能发生的碰撞，提高行车安全性。本试验规程主要参考国内外标准法规，结合中国自然驾驶数据和中国驾驶员行为统计特性的研究成果设计试验工况。包括FCW功能试验、AEB功能试验及高级辅助功能验证试验。其中，FCW功能试验分别从目标车静止 (主车车速72km/h)、目标车低速 (主车车速72km/h, 目标车车速32km/h) 及目标车减速 (主车和目标车车速均为72km/h, 目标车减速度为 $-3\text{m/s}^2$ ) 考察FCW报警能力；AEB功能试验分别从目标车静止 (主车车速分别为30km/h和50km/h) 及目标车低速 (主车车速分别为50km/h和70km/h, 目标车车速为20km/h) 考察AEB避免碰撞或减轻效果的能力；高级辅助功能验证试验分别从FCW辅助报警形式、主动式安全带预紧功能及紧急转向避撞功能验证高级辅助功能。

i-VISTA管理中心保留对AEB C2C试验项目及方法更改的全部权利。随着国内外标准法规、中国道路交通场景的不断发展、更新和完善，i-VISTA管理中心将对AEB C2C试验项目及方法做出相应的调整，持续完善智能汽车指数评价体系，有效促进中国汽车工业水平整体提高和健康持续发展，更加系统全面地为消费者、汽车行业服务。

# 智能安全

## 车对车自动紧急制动系统试验规程

### 1 范围

本规程规定了 i-VISTA 智能汽车指数智能安全——车对车自动紧急制动系统（AEB C2C）的试验方法。

### 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规程必不可少的条款。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。

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

IIHS Autonomous Emergency Braking Test Protocol Version 1

NHTSA Forward Collision Warning System Confirmation Test February 2013

IIHS Rating Guidelines for Forward Collision Warning Autonomous Emergency Braking

### 3 术语和定义

以下术语和定义适用于本规程。

#### 3.1 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。

#### 3.2 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。

#### 3.3 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。

#### 3.4 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。

### 3.5 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。

### 3.6 主车 subject vehicle; SV

配有本规程所定义的自动紧急制动车对车系统的待测车辆。

### 3.7 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。

### 3.8 车间距 clearance

目标车尾部与主车头部之间的距离。

### 3.9 相对速度 relative velocity

主车与目标车的纵向车速之差，见式（1）。

$$V_r(t) = V_{sv}(t) - V_{tv}(t) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$V_r(t)$ ——相对速度；

$V_{sv}(t)$ ——主车车速；

$V_{tv}(t)$ ——目标车车速。

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车车速更高，车间距随着时间减小。

### 3.10 碰撞时间 time to collision; TTC

当相对速度不为零时，可以通过式（2）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。

$$TTC = \frac{X_0(t)}{V_r(t)} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$X_0(t)$ ——车间距。

### 3.11 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（3）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。

$$ETTC = \frac{[-(V_{TV} - V_{SV}) - \sqrt{(V_{TV} - V_{SV})^2 - 2 \times (a_{TV} - a_{SV}) \times x_0}]}{(a_{TV} - a_{SV})} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$a_{TV}$ ——目标车加速度；

$a_{SV}$ ——主车加速度。

### 3.12 横向距离 lateral offset

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。

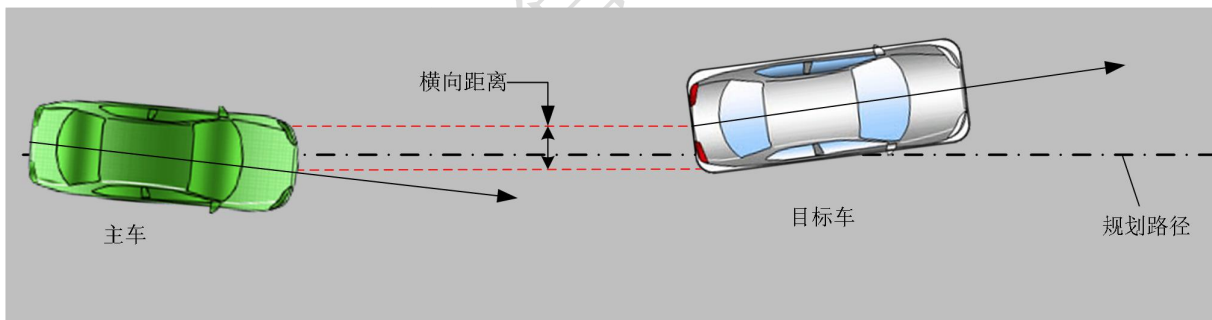


图1 横向距离

## 4 试验准备

### 4.1 场地要求

4.1.1 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。

4.1.2 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。

## 4.2 环境要求

4.2.1 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 温度在5℃~42℃之间。

4.2.3 风速应低于5m/s。

4.2.4 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。

4.2.5 温度、风速、光照度等环境参数每10分钟记录一次。

## 4.3 设备要求

### 4.3.1 目标车要求

可使用M1类乘用车作为目标车，也可使用与M1类乘用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i-VISTA管理中心。

### 4.3.2 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/s<sup>2</sup>；
- 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。

## 4.4 车辆准备

### 4.4.1 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。

### 4.4.2 车辆状态确认

4.4.2.1 试验车辆应为新车，行驶里程不高于 5000km。

4.4.2.2 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。

4.4.2.3 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。

4.4.2.4 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。

4.4.2.5 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。配载后应达到公式(4)的要求：

$$\text{整备质量+驾驶员+试验设备+配载} = (\text{整备质量}+200\text{kg}) \cdot (1 \pm 1\%) \dots\dots\dots (4)$$

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。

4.4.2.6 对于可外接充电的新能源车辆，在试验前一天，按照制造厂商建议的最大充电状态对动力电池进行充电；若厂商无建议，则按照不低于最大容量的 95%进行充电。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。

#### 4.4.3 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。

#### 4.4.4 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报警最早一级。

#### 4.4.5 制动系统预热

a) 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；

b) 以 72km/h 的初速度，全力制动到速度为零，反复进行 3 次；

c) 以 72km/h 的速度行驶 5min，冷却制动系统；

d) 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 72km/h 的初速度，不小于  $7\text{m/s}^2$  的平均减速度制动到速度为零，反复进行 3 次来预热制动系统；

e) 制动系统最后一次预热和正式试验相隔至少 3min。

### 5 试验方法

#### 5.1 FCW 功能试验

##### 5.1.1 目标车静止场景

###### 5.1.1.1 试验概述

本场景用于考察 FCW 功能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	试验次数
72km/h	0	150m	7

5.1.1.2 试验步骤

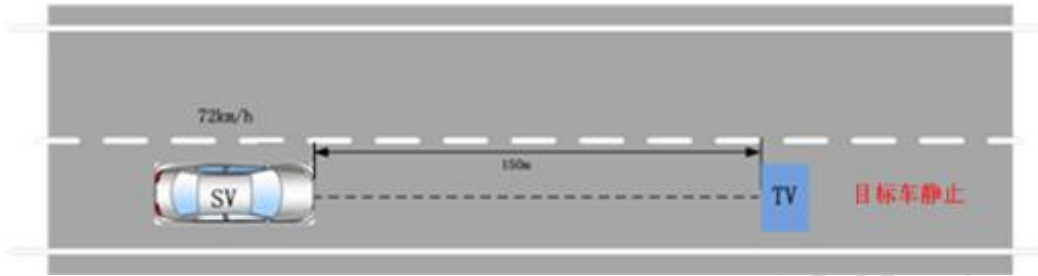


图 3 FCW 目标车静止工况

- 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，每次试验的碰撞点应相同；
- c) 主车加速到 72km/h，车间距达到 150m 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（2.1s 的 90%）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。

5.1.1.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，试验开始后，主车车速应保持在  $(72 \pm 1)$  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 目标车减速场景

5.1.2.1 试验概述

本场景用于考察 FCW 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 2 所示。

表 2 FCW 目标车减速工况

主车车速	目标车车速	两车相对距离	目标车减速度	试验次数
72km/h	72km/h	30m	$-3m/s^2$	7

### 5.1.2.2 试验步骤

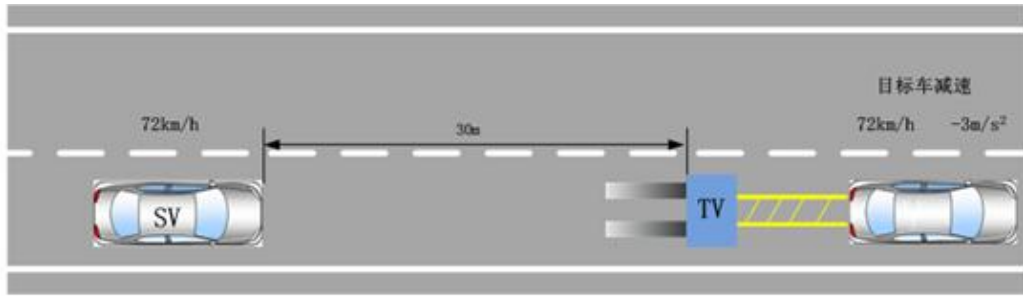


图 4 FCW 目标车减速工况

- 主车和目标车开始加速到 72km/h，均保持在试验车道中间行驶，调整两车的车间距为 30m；
- 稳定 3s 后，目标车在 1.0~1.5s 之间达到  $3\text{m/s}^2$  的减速度，直到速度为零；
- 主车检测到目标车减速后 FCW 报警， $TTC \geq 2.4\text{s}$  系统报警，或 FCW 在  $TTC \leq 2.2\text{s}$  ( $2.4\text{s}$  的 90%) 仍未发生报警，则试验结束；
- 试验结束后，控制主车转向或制动，以避免碰撞目标车。

### 5.1.2.3 试验要求

- 保持速度稳定，试验开始后，主车和目标车车速应保持在  $(72 \pm 1)\text{ km/h}$ ；
- 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  $15^\circ/\text{s}$ ，两车横向距离不能超过  $\pm 0.2\text{m}$ ；
- 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  $\pm 1.0^\circ/\text{s}$ ；
- 试验开始后，主车加速踏板位置波动不能超过满量程的  $\pm 5\%$ ；
- 目标车在 1.0~1.5s 之间达到  $3\text{m/s}^2$  的稳定减速度；
- 当 FCW 报警时，目标车的减速度可接受的误差范围为  $\pm 0.3\text{m/s}^2$ 。刚开始调整减速时，目标车初始减速度可高于目标减速值，但不能持续高于目标值  $3.75\text{m/s}^2$  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  $3.3\text{m/s}^2$ ；
- 目标车开始减速前，目标车和主车之间的纵向距离应保持  $(30 \pm 2.5)\text{m}$  至少 3s。

### 5.1.3 目标车低速场景

#### 5.1.3.1 试验概述

本场景用于考察 FCW 功能主车识别前方低速目标车并进行报警的能力，试验工况如表 3 所示。

表 3 FCW 目标车低速工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	试验次数
72km/h	32km/h	150m	7

### 5.1.3.2 试验步骤



图 5 FCW 目标车低速工况

- a) 目标车先加速至 32km/h，沿试验车道中心线向前行驶；
- b) 主车在适当时间开始加速至 72km/h，沿试验车道中心线向前行驶；
- 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 150m 时，试验开始并记录有效数据；
- d) 主车检测到目标车后 FCW 报警， $TTC \geq 2.0s$  系统报警，或 FCW 在  $TTC \leq 1.8s$  (2.0s 的 90%) 仍未发生报警，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。

### 5.1.3.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，试验开始后，主车车速应保持在  $(72 \pm 1) \text{ km/h}$ ，目标车速应保持在  $(32 \pm 1) \text{ km/h}$ ；
- 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  $\pm 5\%$ 。

## 5.2 AEB 功能试验

### 5.2.1 目标车静止场景

#### 5.2.1.1 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 4 所示。

表 4 AEB 目标车静止工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	试验次数
30km/h	0	80	5
50km/h	0	120	5

#### 5.2.1.2 试验步骤

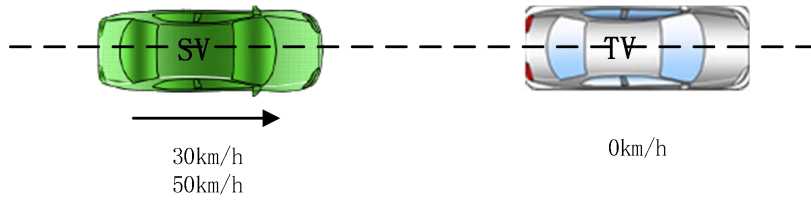


图 6 AEB 目标车静止工况

- 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；
- 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；
- 主车在距离目标车大于 150m 的距离开始慢慢加速至 30/50km/h，逐渐靠近目标车；
- 两车车间距缩小至 80/120m 时，达到 30/50km/h 的稳定车速，试验开始并记录数据；
- 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。

### 5.2.1.3 试验要求

- 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  $\pm 0.2m$ ；
- 接近过程中，主车横摆角速度保持  $\pm 1.0^{\circ}/s$  以内；
- 速度保持在  $(30 \pm 1) km/h$  或  $(50 \pm 1) km/h$ ，试验结束前不能触碰制动踏板；
- 主车加速踏板位置波动不能超过满量程的  $\pm 5\%$ 。

### 5.2.2 目标车低速场景

#### 5.2.2.1 试验概述

本场景用于考察 AEB 功能对于前方匀速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 目标车低速工况

主车车速	目标车车速	试验开始距离	试验次数
50km/h	20km/h	150m	5
70km/h	20km/h	150m	5

#### 5.2.2.2 试验步骤

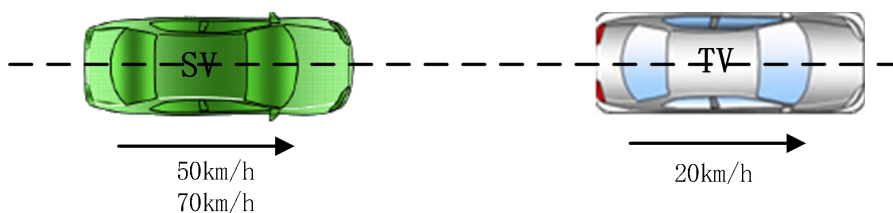


图 7 AEB 目标车低速工况

- 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 200m 时开始加速至 50/70km/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 150m 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。

### 5.2.2.3 试验要求

- a) 保持速度稳定，主车车速应保持在  $(50 \pm 1)$  km/h 或  $(70 \pm 1)$  km/h，目标车车速应保持在  $(20 \pm 1)$  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  $\pm 5\%$ 。

## 5.3 高级辅助功能验证试验

### 5.3.1 FCW 辅助报警形式

根据本规程 5.2.2 中主车 70km/h，目标车 20km/h 的 AEB 目标车低速试验工况，判定 FCW 的辅助报警形式。

### 5.3.2 主动式安全带预紧功能

根据本规程 5.2.2 中主车 70km/h，目标车 20km/h 的 AEB 目标车低速试验工况，判定是否具备主动式安全带预紧功能（要求可重复使用）。

### 5.3.3 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。

## 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  $\text{m/s}^2$ 。

### 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  $^\circ/\text{s}$ 。