

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB 23/T XXXX—2023

车路协同应用测试规程

（征求意见稿）

联系单位：黑龙江省交投智能网联汽车产业创新有限公司

联系人：王露

联系电话：15636827723

邮箱：wangluclover@163.com

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

    3.1 车载单元 on-board unit; OBU ..... 1

    3.2 路侧单元 road side unit; RSU ..... 1

    3.3 测试车辆 vehicle under test; VUT ..... 1

    3.4 目标车辆 target vehicle; TV ..... 1

    3.5 蜂窝车联网 cellular vehicle to everything; C-V2X ..... 1

    3.6 碰撞时间 time to collision ; TTC ..... 1

    3.7 纵向间距 longitudinal spacing ..... 2

    3.8 冰板路面 icy road ..... 2

    3.9 压实雪路面 compacted snow road ..... 2

    3.10 融雪路面 snow-melted road ..... 2

    3.11 普通路面 general road ..... 2

4 功能要求 ..... 2

    4.1 系统工作要求 ..... 2

    4.2 人机交互要求 ..... 2

5 测试要求 ..... 2

    5.1 测试场地要求 ..... 2

    5.2 测试设施设备要求 ..... 2

    5.3 测试相关车辆要求 ..... 3

6 测试方法 ..... 3

    6.1 前向碰撞预警 ..... 3

    6.2 限速预警 ..... 4

    6.3 交叉路口碰撞预警 ..... 5

    6.4 闯红灯预警 ..... 6

    6.5 左转辅助 ..... 7

    6.6 弱势交通参与者碰撞预警 ..... 8

    6.7 盲区预警 ..... 9

    6.8 变道辅助 ..... 10

    6.9 逆向超车预警 ..... 10

    6.10 车内标牌 ..... 11

    6.11 紧急制动预警 ..... 12

    6.12 前方拥堵提醒 ..... 13

    6.13 异常车辆提醒 ..... 14

    6.14 紧急车辆提醒 ..... 14

6.15 车辆失控预警 ..... 15

6.16 道路危险状况提示 ..... 16

附录 A（规范性） 预警时机计算方法 ..... 17

# 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》的规定起草。

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。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：黑龙江省交投智能网联汽车产业创新有限公司、黑龙江省交投信息科技有限公司、中汽信息科技（天津）有限公司、中汽研（天津）汽车工程研究院有限公司、中国第一汽车有限公司、岚图汽车科技有限公司、浙江极氪智能科技有限公司、浙江零跑科技股份有限公司、车路通科技（成都）有限公司、富赛汽车电子有限公司、中汽研汽车检验中心（宁波）有限公司、北京星云互联科技有限公司、北京万集科技股份有限公司。

本文件主要起草人：王洁明、宋先睿、王露、于丽、齐志刚、孔德楠、王军、邬丽娟、赵博文、马宇宸、刘爽爽、郭蓬、刘志鹏、蔡聪、王梦丹、陈美奇、孔庆研、张登权、汤利顺、张金柱、付斌、沈忱、孙凯、史玮、梁兆群、罗健宾、杜成阳、雷晓亮、李士伟、李兵、杨明、吴宇涵、赵雅歆。

# 车路协同应用测试规程

## 1 范围

本文件规定了智能网联汽车的车路协同应用功能的测试规程，包括功能要求、测试要求、测试方法。  
本文件适用于具备网联功能的至少有四个车轮并且用于载客的机动车辆和至少有四个车轮并且用于载货的机动车辆，其他类型可参照执行。

## 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/T 33577 智能运输系统车辆前向碰撞预警系统性能要求和测试规程
- GB/T 39265-2020 道路车辆 盲区监测（BSD）系统性能要求及试验方法
- GB 5768.2-2022 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
- YD/T 3340-2018 基于LTE的车联网无线通信技术 空中接口技术要求
- YD/T 3707-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 网络层技术要求
- YD/T 3709-2020 基于LTE的车联网无线通信技术 消息层技术要求

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 车载单元 on-board unit; OBU

安装在车辆上，可实现V2X通信，支持车路协同应用的硬件单元。

### 3.2 路侧单元 road side unit; RSU

安装在测试场地道路路侧，可实现V2X通信，支持车路协同应用的硬件单元。

### 3.3 测试车辆 vehicle under test; VUT

装有车载单元且具有网联功能的试验车辆。

### 3.4 目标车辆 target vehicle; TV

装有车载单元并且具有网联功能，与测试车辆配合完成测试任务的车辆或替代车辆的柔性目标。

### 3.5 蜂窝车联网 cellular vehicle to everything; C-V2X

利用蜂窝网络将车辆与一切事物连接。

### 3.6 碰撞时间 time to collision ; TTC

保持当前时刻的运动状态，测试车辆与目标发生碰撞所需的时间。

3.7 纵向间距 longitudinal spacing

测试车辆车头与目标物之间沿车道方向的距离。

3.8 冰板路面 icy road

坚硬冰层覆盖的路面，路面平均峰值附着系数为0.1-0.2。

3.9 压实雪路面 compacted snow road

压实的自然积雪覆盖的路面，路面平均峰值附着系数为0.15-0.3。

3.10 融雪路面 snow-melted road

雪水混合物覆盖的路面，路面平均峰值附着系数为0.3-0.5。

3.11 普通路面 general road

干燥的沥青或混凝土路面，路面平均峰值附着系数为0.8-0.9。

4 功能要求

4.1 系统工作要求

系统应允许驾驶员主动开启和关闭相关功能，系统的开启以及关闭状态应目视可见。  
在系统启动或操作过程中检测到故障时，驾驶员应被告知。

4.2 人机交互要求

系统应至少包含视觉或听觉或两者组合的报警形式，可以选择触觉形式作为补充。

5 测试要求

5.1 测试场地要求

5.1.1 测试道路要求

测试道路应满足以下要求：

- a) 测试道路长度不少于 500 m；
- b) 测试道路的单车道宽度为 3.25 m-3.75 m；
- c) 测试道路空旷无遮挡、无电磁干扰；
- d) 测试道路纵向坡度宜小于 3%，横向坡度宜小于 2%；
- e) 测试道路路面包含冰板路面、压实雪路面、融雪路面、普通路面等。

5.1.2 测试环境要求

测试环境应满足以下要求：

- a) 测试环境无暴雪、冰雹、扬尘等恶劣天气；
- b) 测试环境应保证有 RSU 信号覆盖。

5.2 测试设施设备要求

### 5.2.1 测试设备要求

测试过程中，测试设备应实时采集测试车辆、目标车辆、路侧单元及测试目标替代物的数据，对测试过程进行监控、收集和评价。

测试设备应能采集以下数据：

- a) 测试车辆及目标车辆运动状态参数（速度、航向角等）；
- b) 测试车辆及目标车辆位置信息；
- c) 测试车辆及目标车辆灯光和相关提示信息状态；
- d) 测试车辆 V2X 应用预警信息（音、视频，图像信息或其他预警信号）；
- e) 反应测试及目标车辆行驶状态的视频信息；
- f) 测试目标替代物的位置及运动数据。

### 5.2.2 路侧设施要求

路侧设施应满足以下要求：

- a) 空旷、无遮挡、无干扰条件下通信距离 $\geq 500$  m；
- b) 发送的消息应符合 YD/T 3340-2018、YD/T 3707-2020、YD/T 3709-2020 标准规范。

### 5.2.3 测试过程精度要求

测试参数控制精度应满足以下要求：

- a) 测试车辆和目标车辆速度： $0 \pm 2$  km/h；
- b) 测试车辆和目标车辆加速度： $0 \pm 0.2$  m/s<sup>2</sup>。

## 5.3 测试相关车辆要求

### 5.3.1 目标车辆要求

目标车辆应满足以下要求：

- a) 目标车辆轴距应满足 2.0 m-3.0 m 范围，可为真实车辆，也可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或采用虚实融合技术模拟仿真目标车辆；
- b) 目标车辆应具备 C-V2X 通信能力；
- c) 空旷、无遮挡、无干扰条件下通信距离不小于 300 m；
- d) 目标车辆 V2X 消息的发送应符合 YD/T 3340-2018、YD/T 3707-2020、YD/T 3709-2020 标准规范。

### 5.3.2 测试车辆要求

测试车辆应满足以下要求：

- a) 测试车辆应具备 C-V2X 通信能力；
- b) 空旷、无遮挡、无干扰条件下通信距离不小于 300 m；
- c) 测试车辆 V2X 消息的发送应符合 YD/T 3340-2018、YD/T 3707-2020、YD/T 3709-2020 标准规范；
- d) 具备对应场景分类的基本报警机制。

## 6 测试方法

### 6.1 前向碰撞预警

6.1.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆沿车道中间匀速行驶，目标车辆位于测试车辆正前方静止或低速行驶，两车存在碰撞风险。



图 1 前向碰撞预警测试场景示意图

6.1.2 测试流程

测试车辆和目标车辆同车道，测试车辆与目标车辆由静止状态加速至目标车速，并保持匀速行驶，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.1.3 测试用例及通过指标

前向碰撞预警测试用例及通过指标见表1。

表 1 前向碰撞预警测试通过指标

| 测试用例                       | 测试参数  |               |               | 通过指标       |               |
|----------------------------|-------|---------------|---------------|------------|---------------|
|                            | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 目标车辆速度 (km/h) | 最晚预警TTC(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1                          | 冰板路面  | 30            | 0             | 5.61       | 4             |
|                            |       |               | 20            | 3.50       | 4             |
| 2                          | 压实雪路面 | 30            | 0             | 4.19       | 4             |
|                            |       |               | 20            | 3.02       | 4             |
| 3                          | 融雪路面  | 30            | 0             | 2.78       | 4             |
|                            |       |               | 20            | 2.55       | 4             |
| 4                          | 普通路面  | 60            | 0             | 2.24       | 4             |
|                            |       |               | 30            | 1.89       | 4             |
|                            |       | 120           | 0             | 3.22       | 4             |
|                            |       |               | 60            | 2.24       | 4             |
| 注：通过指标计算方法参考附录A.1、A.2、A.3。 |       |               |               |            |               |

6.2 限速预警

6.2.1 测试场景

测试道路为至少包含双向两车道的长直道，并在路段内设置路侧设备RSU持续广播前方道路的限速信息，测试车辆匀速行驶进入限速路段。



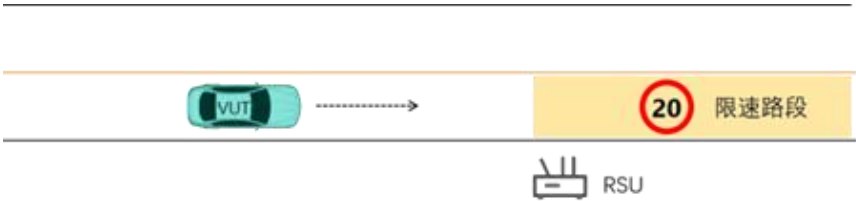


图 2 限速预警测试场景示意图

6.2.2 测试流程

测试车辆由静止加速至目标车速，并保持匀速行驶，此时应满足测试车辆距离限速信息覆盖范围的纵向间距大于50 m，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆进入限速路段 1 s 后未发生预警。

6.2.3 测试用例及通过指标

限速预警测试用例及通过指标见表2。

表 2 限速预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |               | 通过指标                   |               |
|------|-------|------------------|---------------|------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 限速值<br>(km/h) | 测试车辆进入覆盖范围发生预警的最大延时(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30               | 20            | 1                      | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30               | 20            | 1                      | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30               | 20            | 1                      | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60               | 40            | 1                      | 4             |
|      |       | 120              | 100           | 1                      | 4             |

6.3 交叉路口碰撞预警

6.3.1 测试场景

测试道路为至少包含双向两车道的无信号灯十字路口。测试车辆直行通过无信号灯交叉路口，目标车辆从左侧/右侧驶入路口，两车存在碰撞风险。

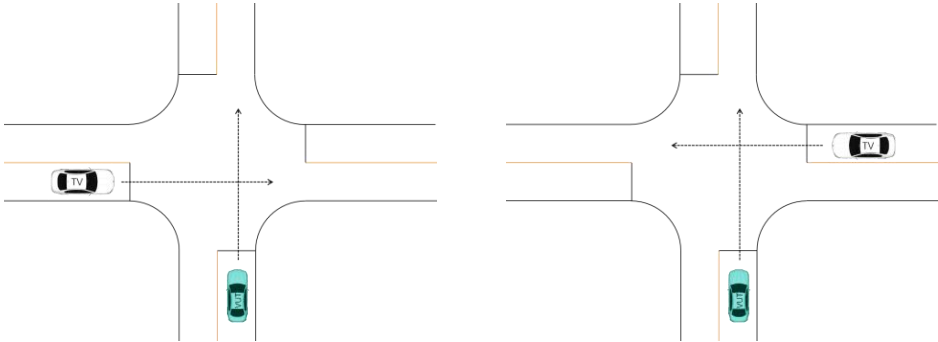


图 3 交叉路口碰撞预警测试场景示意图

6.3.2 测试流程

测试车辆与目标车辆沿车道中心线直行驶入交叉路口，测试车辆和目标车辆由静止加速至目标车速，并保持匀速行驶，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.3.3 测试用例及通过指标

交叉路口碰撞预警测试用例及通过指标见表3。

表 3 交叉路口碰撞预警测试通过指标

| 测试用例                       | 测试参数  |                  |                  |        |              | 通过指标           |                   |
|----------------------------|-------|------------------|------------------|--------|--------------|----------------|-------------------|
|                            | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆位置 | 目标车辆行驶<br>方向 | 最晚预警<br>TTC(s) | 测试5次，要求<br>至少通过次数 |
| 1                          | 冰板路面  | 30               | 30               | 左侧     | 直行           | 5.61           | 4                 |
|                            |       |                  |                  | 右侧     | 直行           | 5.61           | 4                 |
| 2                          | 压实雪路面 | 30               | 30               | 左侧     | 直行           | 4.19           | 4                 |
|                            |       |                  |                  | 右侧     | 直行           | 4.19           | 4                 |
| 3                          | 融雪路面  | 30               | 30               | 左侧     | 直行           | 2.78           | 4                 |
|                            |       |                  |                  | 右侧     | 直行           | 2.78           | 4                 |
| 4                          | 普通路面  | 30               | 30               | 左侧     | 直行           | 1.89           | 4                 |
|                            |       |                  |                  | 右侧     | 直行           | 1.89           | 4                 |
| 注：通过指标计算方法参考附录A.1、A.2、A.3。 |       |                  |                  |        |              |                |                   |

6.4 闯红灯预警

6.4.1 测试场景

测试道路为至少包含双向两车道的十字交叉路口，并在路段内设置交通信号灯，通信范围内RSU持续广播路口信号灯相位信息，测试车辆匀速行驶。

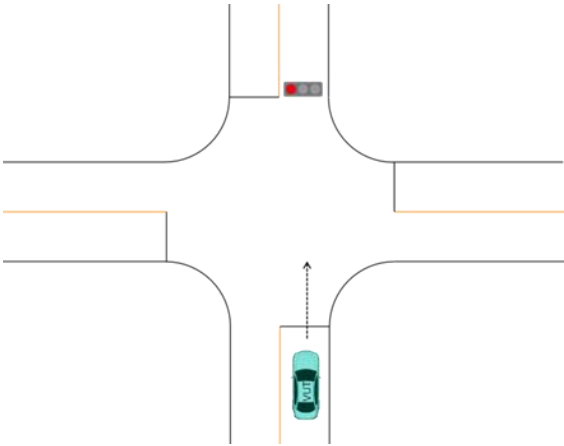


图 4 闯红灯预警测试场景示意图

6.4.2 测试流程

测试车辆由静止加速至目标车速后保持匀速行驶，此时信号灯指示为红灯且以当前车速匀速行驶无法通过路口，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

6.4.3 测试用例及通过指标

闯红灯预警测试用例及通过指标见表4。

表 4 闯红灯预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |              | 通过指标       |               |
|------|-------|--------------|------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度(km/h) | 最晚预警TTC(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30           | 5.61       | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30           | 4.19       | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30           | 2.78       | 4             |
| 4    | 普通路面  | 30           | 1.89       | 4             |

注：通过指标计算方法参考附录A.1、A.2、A.3，假定停止线的中心点为碰撞目标物。

6.5 左转辅助

6.5.1 测试场景

测试道路为至少包含双向两车道的十字交叉路口，测试车辆左转通过路口，目标车辆从对向驶入路口，两车存在碰撞风险。

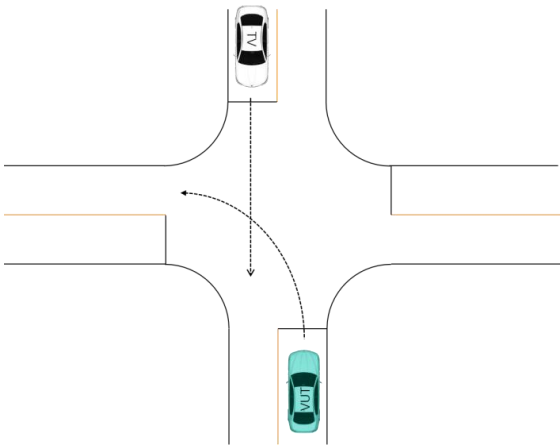


图 5 左转辅助测试场景示意图

6.5.2 测试流程

测试车辆和目标车辆由静止加速至目标车速，并保持匀速行驶，进入测试状态。  
测试车辆沿车道中心线直行到达停车线后左转，目标车辆沿车道中心线直行驶向交叉路口。  
当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；

- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。
- 试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.5.3 测试用例及通过指标

左转辅助测试用例及通过指标见表5。

表 5 左转辅助测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |               | 通过指标       |               |
|------|-------|---------------|---------------|------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 目标车辆速度 (km/h) | 最晚预警TTC(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 15            | 20            | 3.85       | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 15            | 20            | 3.14       | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 15            | 20            | 2.43       | 4             |
| 4    | 普通路面  | 15            | 20            | 1.99       | 4             |

注：通过指标计算方法参考附录A.1、A.2、A.3。

6.6 弱势交通参与者碰撞预警

6.6.1 测试场景

测试道路为长直道，测试车辆匀速行驶，前方有弱势交通参与者（VRU）横穿道路，测试车辆和VRU存在碰撞风险，路口通信范围内设有具备感知能力的RSU，RSU感知到VRU后周期广播给测试车辆。

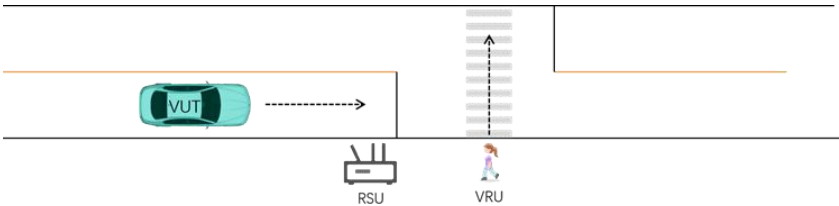


图 6 弱势交通参与者碰撞预警测试场景示意图

6.6.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，并保持匀速行驶；VRU由静止加速到目标速度；进入测试状态。

- 当发生下述情况之一时试验结束：
- a) 测试车辆发生预警；
  - b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。
- 试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.6.3 测试用例及通过指标

弱势交通参与者碰撞预警测试用例及通过指标见表6。

表 6 弱势交通参与者碰撞预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |              | 通过指标       |               |
|------|-------|---------------|--------------|------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | VRU速度 (km/h) | 最晚预警TTC(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 5            | 5.61       | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 5            | 4.19       | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 5            | 2.78       | 4             |
| 4    | 普通路面  | 30            | 5            | 1.89       | 4             |

注：通过指标计算方法参考附录A. 1、A. 2、A. 3，车辆假定停止线的中心点为碰撞目标物。

6.7 盲区预警

6.7.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆沿车道中间匀速行驶，目标车辆在测试车辆左/右相邻车道盲区范围内同向行驶。测试车辆盲区检测范围应满足GB/T 39265-2020要求。

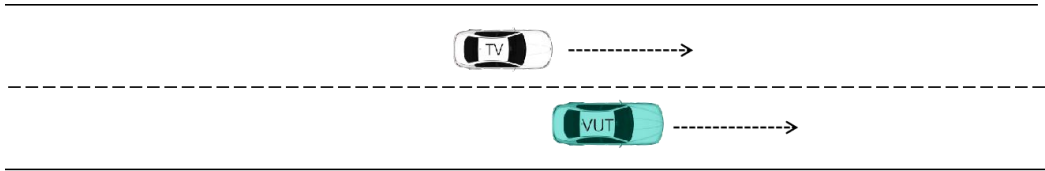


图 7 盲区预警测试场景示意图

6.7.2 测试流程

测试车辆和目标车辆由静止状态加速至目标车速，此时应满足目标车辆在测试车辆盲区监测范围内并维持匀速行驶，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 匀速行驶超过 3 s，期间一直发生预警；
- b) 匀速行驶过程中未发生预警；
- c) 匀速行驶 3 s 内，中止预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.7.3 测试用例及通过指标

盲区预警测试用例及通过指标见表7。

表 7 盲区预警测试场景通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |               | 通过指标    |               |
|------|-------|---------------|---------------|---------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 目标车辆速度 (km/h) | 是否持续预警  | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 30            | 需持续发出预警 | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 30            | 需持续发出预警 | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 30            | 需持续发出预警 | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60            | 60            | 需持续发出预警 | 4             |
|      |       | 120           | 120           | 需持续发出预警 | 4             |

6.8 变道辅助

6.8.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆沿车道中间匀速行驶，目标车辆在测试车辆左/右相邻车道盲区范围内同向行驶，测试车辆驾驶员向目标车辆发出变道意图（如打转向灯）。测试车辆盲区检测范围应满足GB/T 39265-2020要求。

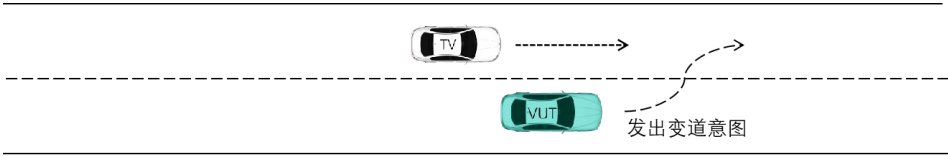


图 8 变道辅助测试场景示意图

6.8.2 测试流程

测试车辆和目标车辆由静止状态加速至目标车速，此时应满足目标车辆在测试车辆盲区监测范围内并维持匀速行驶，进入测试状态。

测试车辆激活转向灯或者发出其他变道信号。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆激活转向灯或发出其他变道意图 1 s 后未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.8.3 测试用例及通过指标

变道辅助测试用例及通过指标见表8。

表 8 变道辅助测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |                  | 通过指标                       |                   |
|------|-------|------------------|------------------|----------------------------|-------------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆速度<br>(km/h) | 测试车辆发出变道意图到<br>发生预警最大延时(s) | 测试5次，要求至少<br>通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30               | 30               | 1                          | 4                 |
| 2    | 压实雪路面 | 30               | 30               | 1                          | 4                 |
| 3    | 融雪路面  | 30               | 30               | 1                          | 4                 |
| 4    | 普通道路  | 60               | 60               | 1                          | 4                 |
|      |       | 120              | 120              | 1                          | 4                 |

6.9 逆向超车预警

6.9.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆跟随同车道前方目标车辆TV1以相同速度行驶，测试车辆激活转向灯意图借逆向车道超车时，目标车辆TV2沿测试车辆左侧相邻逆向车道对向行驶。

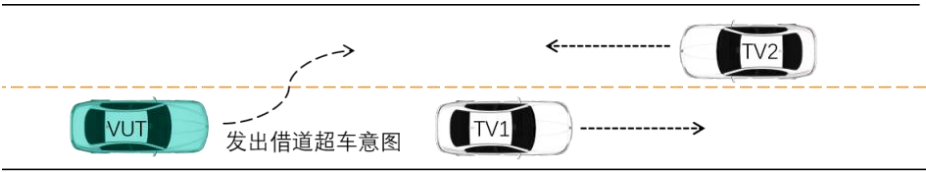


图 9 逆向超车预警测试场景示意图

6.9.2 测试流程

测试车辆和目标车辆TV1由静止状态加速至目标车速，并保持安全跟车距离匀速行驶；目标车辆TV2由静止加速至目标车速，并保持匀速行驶，进入测试状态。

测试车辆激活转向灯或者发出其他逆向超车信号。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.9.3 测试用例及通过指标

逆向超车预警测试用例及通过指标见表9。

表 9 逆向超车预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |                     |                   |                    | 通过指标            |                   |
|------|-------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------|-----------------|-------------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 测试车辆超车<br>速度 (km/h) | 目标车辆1速度<br>(km/h) | 目标车辆2速<br>度 (km/h) | 最晚预警<br>TTC (s) | 测试5次，要求<br>至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 15               | 30                  | 15                | 15                 | 25.52           | 4                 |
| 2    | 压实雪路面 | 15               | 30                  | 15                | 15                 | 20.91           | 4                 |
| 3    | 融雪路面  | 15               | 30                  | 15                | 15                 | 16.31           | 4                 |
| 4    | 普通路面  | 30               | 60                  | 30                | 30                 | 11.55           | 4                 |

注：通过指标计算方法及取值参考附录A.1、A.2、A.3、A.4、A.5。

6.10 车内标牌

6.10.1 测试场景

测试道路为长直路，测试车辆匀速行驶，通信范围内有RSU持续广播车内标牌信息，车内标牌信息中心点位于测试车辆前方。

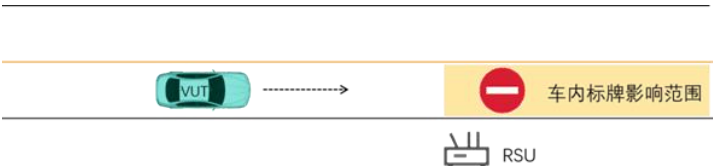


图 10 车内标牌测试场景示意图

6.10.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，并保持匀速行驶，此时应满足测试车辆距离车内标牌信息覆盖范围的纵向间距大于50 m，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 进入车内标牌影响范围 1 s 后未发生预警。

6.10.3 测试用例及通过指标

车内标牌测试用例及通过指标见表10。

表 10 车内标牌测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |             | 通过指标                     |               |
|------|-------|---------------|-------------|--------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 车内标牌信息分类及类型 | 测试车辆进入覆盖范围到发生预警的最大延时 (s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 警告标志-交叉路口标志 | 1                        | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 警告标志-交叉路口标志 | 1                        | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 警告标志-交叉路口标志 | 1                        | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60            | 警告标志-交叉路口标志 | 1                        | 4             |
|      |       | 120           | 指路标志-路径指引标志 | 1                        | 4             |

注：道路交通标志应符合GB 5768.2-2022。

6.11 紧急制动预警

6.11.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车辆沿车道中间匀速行驶，目标车辆位于车辆正前方匀速行驶，目标车辆发生紧急制动。

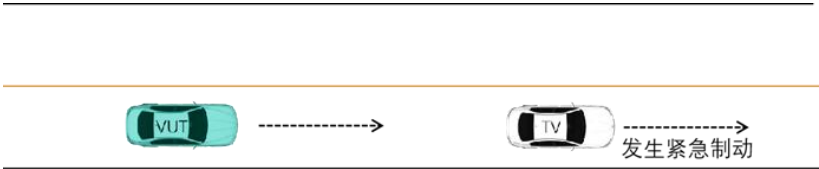


图 11 紧急制动预警测试场景示意图

6.11.2 测试流程

测试车辆和目标车辆由静止状态加速至目标车速，并保持稳定的跟车距离行驶，此时应满足实际跟车距离与测试用例设定的跟车距离误差不大于3 m，进入测试状态。

目标车辆进行紧急制动并在0.5 s内达到或超过减速度预设值。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 目标车辆减速度达到预设值 1 s 后未发生预警。

6.11.3 测试用例及通过指标

紧急制动预警测试用例及通过指标见表11。



表 11 紧急制动预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |                  |             | 通过指标                                |                              |               |
|------|-------|------------------|------------------|-------------|-------------------------------------|------------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆速度<br>(km/h) | 跟车距离<br>(m) | 目标车辆减速度达到预设值<br>(m/s <sup>2</sup> ) | 目标车辆减速度达到或超过预设值后发生预警的最大延时(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30               | 30               | 90          | -0.5                                | 1                            | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30               | 30               | 70          | -0.75                               | 1                            | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30               | 30               | 50          | -1.5                                | 1                            | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60               | 60               | 80          | -4                                  | 1                            | 4             |
|      |       | 120              | 120              | 200         | -4                                  | 1                            | 4             |

6.12 前方拥堵提醒

6.12.1 测试场景

测试道路为长直路，测试车辆匀速行驶，通信范围内有RSU持续广播前方拥堵提醒信息，前方拥堵信息中心点位于测试车辆前方。

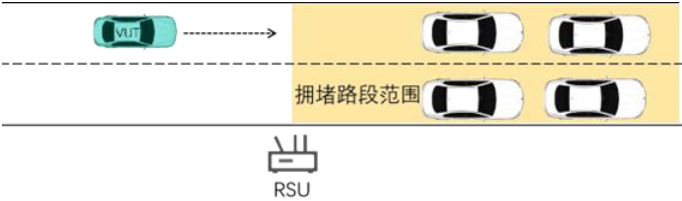


图 12 前方拥堵提醒测试场景示意图

6.12.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，并保持匀速行驶，此时应满足测试车辆距离拥堵信息覆盖范围的纵向间距大于50 m，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 进入拥堵路段范围 1 s 后未发生预警。

6.12.3 测试用例及通过指标

前方拥堵提醒测试用例及通过指标见表12。

表 12 前方拥堵提醒测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               | 通过指标                     |               |
|------|-------|---------------|--------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 测试车辆进入覆盖范围到发生预警的最大延时 (s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 1                        | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 1                        | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 1                        | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60            | 1                        | 4             |
|      |       | 120           | 1                        | 4             |

6.13 异常车辆提醒

6.13.1 测试场景

测试道路为长直道，测试车辆匀速行驶，目标车辆在测试车辆的同车道前方持续广播故障信息。



图 13 异常车辆提醒测试场景示意图

6.13.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，目标车辆静止或由静止加速至目标车速，两车保持匀速行驶，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.13.3 测试用例及通过指标

异常车辆提醒测试用例及通过指标见表13。

表 13 异常车辆提醒测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |                  | 通过指标      |                   |
|------|-------|------------------|------------------|-----------|-------------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆速度<br>(km/h) | 最晚预警距离(m) | 测试5次，要求至少<br>通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30               | 0                | 90        | 4                 |
| 2    | 压实雪路面 | 30               | 0                | 70        | 4                 |
| 3    | 融雪路面  | 30               | 0                | 50        | 4                 |
| 4    | 普通路面  | 60               | 0                | 80        | 4                 |
|      |       | 120              | 0                | 200       | 4                 |

6.14 紧急车辆提醒

6.14.1 测试场景

测试道路为长直道，测试车辆匀速行驶，同车道或相邻车道后方由目标车辆同向行驶快速接近，目标车辆为紧急车辆，开启报警器并持续广播紧急车辆信息。



图 14 紧急车辆提醒测试场景示意图

6.14.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，目标车辆静止或由静止加速至目标车速，两车保持匀速行驶，此时应满足测试车辆与目标车辆的纵向间距大于300 m，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆与目标车辆的纵向间距小于 200 m，1 s 后未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.14.3 测试用例及通过指标

紧急车辆提醒测试用例及通过指标见表14。

表 14 紧急车辆提醒测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |                  |                  | 通过指标                              |               |
|------|-------|------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度<br>(km/h) | 目标车辆速度<br>(km/h) | 测试车辆与目标车辆的纵向间距小于200m到发生预警的最大延时(s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 20               | 30               | 1                                 | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 20               | 30               | 1                                 | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 20               | 30               | 1                                 | 4             |
| 4    | 普通路面  | 40               | 60               | 1                                 | 4             |
|      |       | 90               | 120              | 1                                 | 4             |

6.15 车辆失控预警

6.15.1 测试场景

测试道路为长直道，测试车辆和目标车辆同向匀速行驶，目标车辆在测试车辆的同车道、相邻车道前方持续广播失控车辆信息。



图 15 车辆失控预警测试场景示意图

6.15.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，目标车辆静止或由静止加速至目标车速，两车保持匀速行驶，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 测试车辆达到最晚预警时刻仍未发生预警。

试验结束后，测试车辆自行转向或者制动避免发生碰撞冲突。

6.15.3 测试用例及通过指标

车辆失控预警测试用例及通过指标见表15。

表 15 车辆失控预警测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |               | 通过指标       |               |
|------|-------|---------------|---------------|------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 目标车辆速度 (km/h) | 最晚预警距离 (m) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 20            | 90         | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 20            | 70         | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 20            | 50         | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60            | 40            | 80         | 4             |
|      |       | 120           | 90            | 200        | 4             |

6.16 道路危险状况提示

6.16.1 测试场景

测试道路为长直道，测试车辆匀速行驶，通信范围内有RSU持续广播道路危险状况信息，道路危险状况信息中心点位于测试车辆前方。

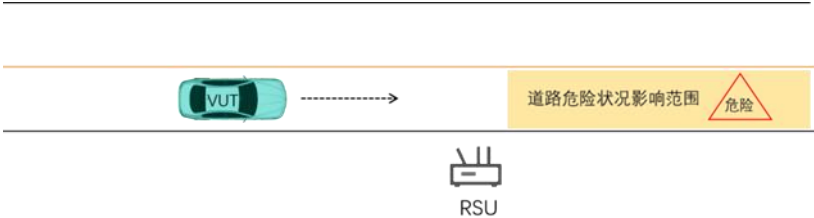


图 16 道路危险状况提示测试场景示意图

6.16.2 测试流程

测试车辆由静止状态加速至目标车速，并保持匀速行驶，此时应满足测试车辆距离道路危险状况信息覆盖范围的纵向间距大于50 m，进入测试状态。

当发生下述情况之一时试验结束：

- a) 测试车辆发生预警；
- b) 进入覆盖范围 1 s 后未发生预警。

6.16.3 测试用例及通过指标

道路危险状况提示测试用例及通过指标见表16。

表 16 道路危险状况提示测试通过指标

| 测试用例 | 测试参数  |               |             | 通过指标                    |               |
|------|-------|---------------|-------------|-------------------------|---------------|
|      | 道路类型  | 测试车辆速度 (km/h) | 道路交通事件分类及类型 | 测试车辆进入覆盖范围发生预警的最大延时 (s) | 测试5次，要求至少通过次数 |
| 1    | 冰板路面  | 30            | 道路施工-占道施工   | 1                       | 4             |
| 2    | 压实雪路面 | 30            | 道路施工-占道施工   | 1                       | 4             |
| 3    | 融雪路面  | 30            | 重大事件-车车事故   | 1                       | 4             |
| 4    | 普通路面  | 60            | 重大事件-车车事故   | 1                       | 4             |
|      |       | 120           | 路面状况-湿滑     | 1                       | 4             |

## 附录 A

### (规范性)

### 预警时机计算方法

存在碰撞可能性的应用场景中,应用发出预警的时刻必须保证测试车辆与目标车辆之间有足够的的时间或距离用于驾驶员做出反应以及车辆制动至安全车速,以避免碰撞的发生,过晚发生预警有可能会导致安全事故。因此,预警时机的选择可以根据驾驶员的平均反应时间与平均制动减速度进行计算。

参考GB/T 33577,我国驾驶员的平均反应时间在0.3 s-2 s之间,参考GB 7258,制动协调时间取值为0.35 s-0.6 s之间。本文件中,选取反应时间为0.4 s,制动协调时间为0.5 s,减速度增长时间为0.2 s,静止时安全距离为3 m,车辆长度为6 m,冰板路面峰值附着系数为0.1,压实雪路面峰值附着系数为0.15,融雪路面峰值附着系数为0.3,普通路面峰值附着系数为0.8,作为最晚预警时刻的计算条件。

本文件中,假设车辆发生碰撞前处于匀速运动状态且车辆装有理想的制动防抱死装置来控制汽车的制动,采用预警时刻的最小安全距离作为是否发出预警的判断条件。

根据汽车动力学,最大加减速度的计算公式见式(A.1):

$$a = \varphi_p g \quad \text{..... (A.1)}$$

式中:

$a$ ——VUT最大加减速速度;

$\varphi_p$ ——峰值附着系数;

$g$ ——重力加速度。

预警时刻的最小安全距离与TTC计算公式见式(A.2)与式(A.3):

$$S = (V_s - V_f) \left( T + t_1 + \frac{t_2}{2} \right) + \frac{(V_s - V_f)^2}{2a_1} + d_0 \quad \text{..... (A.2)}$$

$$TTC = \frac{S}{(V_s - V_f)} \quad \text{..... (A.3)}$$

式中:

$S$ ——最小安全距离;

$TTC$ ——最小安全距离对应的碰撞时间;

$V_s$ ——VUT车速;

$V_f$ ——TV车速;

$T$ ——驾驶员反应时间;

$t_1$ ——制动协调时间;

$t_2$ ——减速度增长时间;

$a_1$ ——VUT最大制动减速度;

$d_0$ ——预留安全距离。

此外根据汽车逆向超车过程,预警时刻的最小安全距离与TTC计算公式见式(A.4)与式(A.5):

$$S_D = \frac{(S_s^1 + S_f + l_s + l_f)(V_f + V_0)}{V_s^2 - V_f^2} + \frac{(V_s^2 - V_s^1)^2 (V_f + V_0)}{2a_2 (V_s^2 - V_f^2)} + S_s^1 + S_s^2 + S_f + S_0 + l_s + l_f \quad \text{..... (A.4)}$$

$$TTC_D = \frac{S_D}{(V_s^1 + V_0)} \quad \text{..... (A.5)}$$

式中:

- $S_D$ ——最小安全超车距离；
  - $TTC_D$ ——最小安全超车距离对应的碰撞时间；
  - $S_s^1$ ——VUT以初速度在前车静止情况下的最小安全距离；
  - $S_s^2$ ——VUT以超车速度在前车静止情况下的最小安全距离；
  - $S_f$ ——TV1在前车静止情况下的最小安全距离；
  - $S_o$ ——TV2在前车静止情况下的最小安全距离；
  - $l_s$ ——VUT的车辆长度；
  - $l_f$ ——TV1的车辆长度；
  - $V_s^1$ ——VUT的初速度；
  - $V_s^2$ ——VUT的超车速度；
  - $V_f$ ——TV1的车速；
  - $V_o$ ——TV2的车速；
  - $a_2$ ——VUT的最大加速度。
-