

团体标准

T/ITS XXXX-2020

港口无人驾驶集装箱车技术要求 第4部分 车辆测试和试验方法

Technical requirements for port driverless container vehicle

Part 4: Vehicle test and test methods

(征求意见稿)

(本草案完成时间：2021 年 10 月)

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

2020-03-××发布

2020-05-××实施

中国智能交通产业联盟 发布

中国智能交通产业联盟

目 次

前言.....	II
引言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 试验条件.....	4
5 功能测试及试验方法.....	5
附录 A（资料性附录）车型参数表.....	30

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专利的责任。

本文件由中国智能交通产业联盟（C-ITS）提出并归口。

本文件起草单位： 。

本文件主要起草人： 。

引 言

本文件规定了港口无人驾驶集装箱卡车的术语及定义，自动驾驶功能及其的测试和验证方法，以及对测试场地和设备的要求等内容。由于智能网联汽车自动驾驶功能的持续快速发展，本技术统一自动驾驶系统各项功能的测试与验证方法，提出自动驾驶系统的测试技术要求，适用智能网联港口无人驾驶集装箱卡车自动驾驶系统的开发过程。

中国智能交通产业联盟

港口无人驾驶集装箱卡车性能和测试方法

第 4 部分 车辆测试和试验方法

1 范围

本文件规定了港口无人驾驶集装箱卡车系统的功能要求和检测项目的测试场景、测试方法及要求。

本文件适用于港口无人驾驶集装箱卡车。

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 12676 商用车辆和挂车制动系统技术要求及测试方法

GB/T 13594 机动车和挂车防抱制动性能和测试方法

GB/T 19951 道路车辆静电放电产生的电骚扰试验方法

GB/T 28046.1-2011 道路车辆电气及电子设备的环境条件和试验 第1部分：一般规定

GB/T 28046.2-2011 道路车辆电气及电子设备的环境条件和试验 第2部分：电气负荷

GB/T 28046.3-2011 道路车辆电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分：机械负荷

GB 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和测试方法

GB/T 38186-2019 商用车辆自动紧急制动系统（AEBS）性能要求及试验方法

BD 420021-2019 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）网络RTK中心数据处理软件要求与测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能网联汽车 intelligent & connected Vehicle(ICV)

搭载先进的车载传感器、控制器、执行器等装置，并融合现代通信与网络技术，实现车与 X（人、车、路、云端等）智能信息交换、共享，具备复杂环境感知、智能决策、协同控制等功能，可实现“安全、高效、节能”行驶，并最终可实现替代人来操作的新一代汽车。

3.2

测试车辆 vehicle under test (VUT)

提出智能网联汽车道路测试申请、需在国家或省市认可的从事汽车相关业务的第三方检测机构检测验证自动驾驶功能的车辆。

3.3

目标车辆 vehicle target (VT)

批量生产的商用车或特种车辆替代上述车辆的柔性目标，柔性目标具备激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达和摄像头等传感器的感知属性。

3.4

车载单元 on board Unit (OBU)

安装在测试车辆上，可实现联网通讯，支持车车、车路、车人、车网之间（V2X）通讯的硬件单元。

3.5

路侧单元 road side unit (RSU)

安装在测试场地道路路侧，可实现联网通讯，支持车车、车路、车人、车网之间（V2X）通讯的硬件单元。

3.6

车车通讯 vehicle-to-vehicle (V2V)

测试车辆、目标车辆之间通过车载单元进行数据包的收发，完成的信息通讯。

3.7

车路通讯 vehicle-to-infrastructure (V2I)

测试车辆与道路基础设施之间通过车载单元、路侧单元进行数据包的收发，完成信息通讯。

3.8

测试场景 test scenario

测试场景指车辆测试过程中所处的地理环境、天气、道路、交通状态、车辆状态和时间等要素的集合。

3.9

设计运行范围 operational design domain (ODD)

设计时确定的驾驶自动化系统的运行条件，包括但不限于：

- 道路；
- 环境；
- 交通；
- 速度；
- 时间。

3.10

智能车管平台 intelligent vehicle management platform

智能车管平台负责和港口生产管理系统对接并将调度指令传递给港口无人驾驶集装箱卡车实现智能化业务运营，并将港口无人驾驶集装箱卡车的实时工作状态及智能驾驶信息回传给港口生产管理系统进行动态检查，智能车管平台能自动判断港口无人驾驶集装箱卡车异常状态，根据异常状态的紧急程度进行不同程度的预警和干预

3.11

调度员 dispatcher

在港口车辆无驾驶员操作的条件下，通过激活驾驶自动化系统以实现车辆调度服务但不执行动态驾驶任务的用户。

注：装备有4级和5级驾驶自动化功能，且其ODD覆盖整个行程的车辆才可被调度。如果驾驶自动化系统未规划线路，调度员还需要指定目的地。

3.12

测试方法 test method

在测试场景中，测试车辆完成智能网联汽车自动驾驶功能检测项目测试的操作流程。

3.13

动态驾驶任务 dynamic driving task

完成车辆驾驶所需的感知、决策和操作，包括但不限于：

- 控制车辆横向运动；
- 控制车辆纵向运动；
- 目标和事件探测与响应；
- 行驶规划；

注：不包括行程计划，目的地和路径的选择等任务。

3.14

最小风险状态 minimal risk condition

当自动驾驶系统因相关系统失效或超出设计运行范围而无法完成其预先规划的行程时，由用户或驾驶自动化系统接管动态驾驶任务，并最终将事故风险降到最低的状态。

3.15

接管请求 request to intervene

自动驾驶系统请求用户或调度员迅速执行动态驾驶任务接管的通知。

3.16

车辆控制权限 vehicle control authority

对车辆转向、加速、制动、灯光等系统的控制权。

3.17

指令 instruction

调度员输入信号和测试车辆通过感知、地图等信息自主发出的信号。例如变更车道场景，测试车辆获得指令后执行变更车道动作，此时指令既可是调度员操纵转向指示灯发出的执行信号也可是测试车辆基于感知自主决策发出的执行信号。

3.18

预计碰撞时间 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。

3.19

时距 time gap

测试车辆以当前车速行驶一定距离所需的时间。

3.20

最高自动驾驶速度 v_{max}

测试车辆在自动驾驶模式下能够保持的最高稳定车速。

4 试验条件

4.1 环境条件

试验温度范围：-20℃~+45℃。

风速应小于22m/s。

水平能见度应大于1km。

阳光直射方向应避免与车辆行驶方向平行。

试验环境应符合 GB 12676 的规定。

4.2 场地条件

干燥平坦清洁的沥青、联锁块或混凝土路面。

试验路面上可见车道标识应状态良好，道路两侧均有车道线，并符合 JTS168-2017 的规定。

试验车道长度应满足最小运行速度的需要。

车道线的宽度应在 0.1 m ~ 0.3 m 之间。

4.3 载荷条件

试验应在空载和额定荷载两种状态下分别进行。车辆空载是指整车整备质量加上试验设备的总质量（试验设备的总质量为 150kg）。车辆额定荷载为 65 吨加上试验设备的总质量，采用 2 个 20 英尺集装箱；单独 1 个 20 英尺集装箱分别会置于车一侧和中间位置；集装箱荷载允许重心偏载。

4.4 测试参数

测试参数包括：

- a) 横向加速度；
- b) CAN 线相关数据；
- c) 车速。

数据应由系统以外的设备获取。

4.5 仪器测量精度要求

试验车辆数据采集及记录仪器应至少满足以下精度要求：

- a) 车速精度要求 0.1 km/h；

- c) 横向加速度精度要求 0.1 m/s^2 ;
- e) 所有动态数据的采样和记录频率应不低于 100 Hz 。

5 功能测试及试验方法

5.1 避障与自动紧急制动试验

5.1.1 避障

5.1.1.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶接近前方静止目标车辆，试验车辆与目标车辆中心线的偏差不得超过 0.5m ，如图1所示。

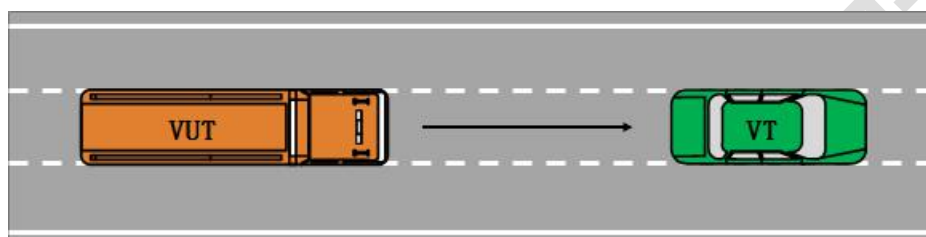


图1 静止目标下测试避障场景

5.1.1.2 试验方法

5.1.1.2.1 被试车辆应在试验开始之前至少 2 s 沿直线向静止目标行驶。

5.1.1.2.2 测试应在被试车辆以 $(35 \pm 2) \text{ km/h}$ 车速行驶且距离目标至少 120 m 时开始，最高设计车速小于 35 km/h 的车辆以最高车速进行试验。

5.1.1.2.3 除为防止车辆方向偏移对转向盘进行轻微调整外，从试验开始直至碰撞点为止，调度员或智能车管平台不应应对被试车辆进行任何调整。

5.1.1.3 性能要求

5.1.1.3.1 在AEBS 碰撞预警阶段之前，系统不应启动紧急转向阶段。

5.1.1.3.2 碰撞预警模式的时间设定应符合下列规定：

- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在紧急制动阶段开始前 1.4 s 以触觉或声学模式预警；
- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在紧急制动阶段开始前 0.8 s 前以至少两种模式预警；
- 预警阶段的速度下降不应超过 15km/h 或测试车辆速度下降总额的 30% ，取较高者。
- 在排除其他因素干扰后，3次测试至少3次成功。

5.1.1.3.3 碰撞预警阶段之后应为紧急转向阶段。

5.1.1.3.4 紧急转向阶段应使测试车辆不会与静止目标发生碰撞。

5.1.1.3.5 紧急转向阶段应使测试车辆不能把集装箱甩出或偏载后导致车辆侧翻。

5.1.1.3.6 紧急转向阶段不应在碰撞时间小于或等于 3 s 前开始。该要求应通过实际试验测量或制造商提供的文件进行验证，由技术机构和车辆制造商协商确定。

5.1.2 自动紧急制动试验

5.1.2.1 静止目标条件下的预警和启动紧急制动性能

5.1.2.1.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶接近前方静止目标车辆，试验车辆与目标车辆中心线的偏差不应超过 0.5m，如图 2 所示。

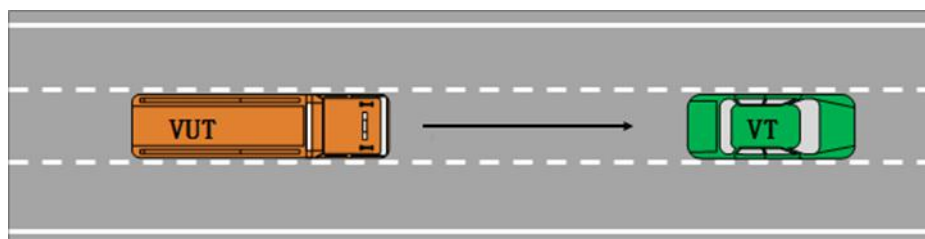


图2 静止目标测试自动紧急制动场景

5.1.2.1.2 试验方法

被试车辆应在试验开始之前至少 2 秒沿直线向静止目标行驶；

测试应在被试车辆以 (35 ± 2) km/h 车速行驶且距离目标至少 120 m 时开始，最高设计车速小于 35 km/h 的车辆以最高车速进行试验。

除为防止车辆方向偏移对转向盘进行轻微调整外，从试验开始直至碰撞点为止，调度员或智能管理平台不应应对被试车辆进行任何调整。

5.1.2.1.3 性能要求

碰撞预警模式的时间设定应符合下列规定：

- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在紧急制动阶段开始前 1.4 s 以触觉或声学模式预警；
- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在紧急制动阶段开始前 0.8 s 前以至少两种模式预警；
- 预警阶段的速度下降不应超过 15 km/h 或试验车辆速度下降总额的30%，取较高者。

碰撞预警阶段之后应为紧急制动阶段。

被试车辆速度为 35 km/h 时，被试车辆在与静止目标碰撞时的速度下降总额不应小于30 km/h。

被试车辆速度为 35 km/h 时，应能避免被试车辆在与静止目标碰撞。

紧急制动阶段不应在碰撞时间小于或等于 3 s 前开始。该要求应通过实际试验测量或制造商提供的文件进行验证，由技术机构和车辆制造商协商确定。

在排除其他因素干扰后，3次试验至少3次成功。

5.1.2.2 移动目标下的预警和启动紧急制动性能

5.1.2.2.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶接近前方同向行驶目标车辆，测试车辆与目标车辆中心线的偏差不超过 0.5 米，如图3所示。

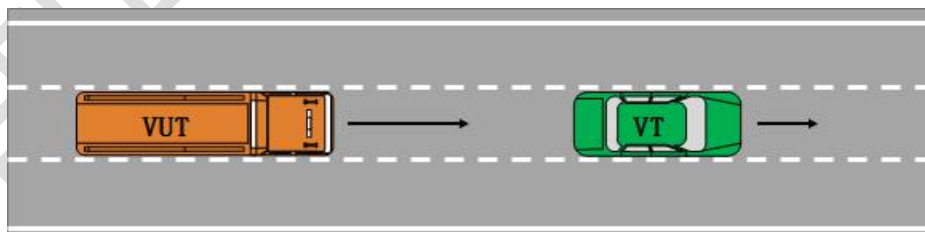


图3 移动目标下的预警和启动紧急制动测试场景

5.1.2.2.2 测试方法

被试车辆和移动目标应在测试之前至少 2 s 沿直线同向行驶；被试车辆与目标中心线的偏差不超过 0.5 m。

测试应在被试车辆以 (35 ± 2) km/h 车速行驶、最高设计车速小于 35 km/h 的车辆以最高车速

进行测试；移动目标以 (12 ± 2) km/h 车速同车道行驶，测试在被试车辆和移动目标二者相距至少 120 m 时开始，移动目标的速度应符合下列规定：

除为防止车辆方向偏移对转向装置进行轻微调整外，从测试开始直至被试车辆车速与目标车速相等为止，调度员或智能车管平台不应对测试车辆进行任何调整。

5.1.2.2.3 性能要求

碰撞预警模式的时间设定应符合下列规定：

- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在3.8s前以触觉或声学模式预警。
- 在紧急制动阶段开始之前，最迟应在3s前以至少两种模式预警。
- 预警阶段的速度下降不应超过 15km/h 或测试车辆速度下降总额的 30%，取较高者。
- 在排除其他因素干扰后，3次测试至少3次成功。

紧急制动阶段应使被试车辆不与移动目标发生碰撞。

紧急制动阶段不应在预计碰撞时间小于或等于 3 s 前开始。该要求应通过实际试验测量或制造商提供的文件进行验证，由技术机构和车辆制造商协商确定。

在排除其他因素干扰后，3次试验至少 3次成功。

5.1.2.3 系统失效检测性能

5.1.2.3.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，如图4所示。

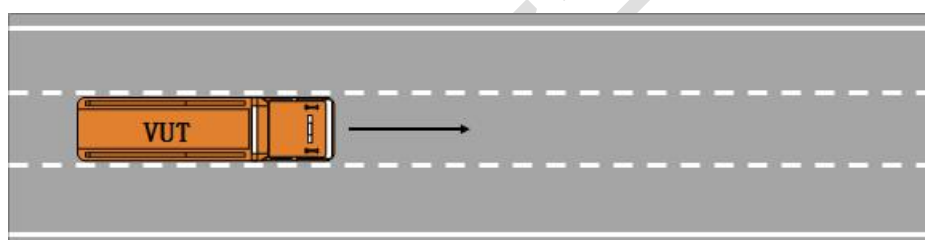


图4 系统失效检测测试场景

5.1.2.3.2 测试方法

通过断开 AEBS 部件的电源或 AEBS 部件间的电路连接来模拟电路失效；模拟 AEBS 失效时，不应切断报警信号的电路连接或 AEBS 手动解除控制装置。

启动并逐渐加速被试车辆，观察并记录失效警告装置信号及首次发出警告信号时候的车速及时间；停车后，车辆在静止状态下关闭启动开关又重新打开后，观察并记录失效报警信号是否立即重新点亮。

5.1.2.3.3 试验要求

失效报警信号最迟应在车辆以大于 15km/h 的车速行驶 3秒时启动；并且，只要模拟的失效仍然存在，车辆在静止状态下关闭点火开关又重新打开后，失效报警信号应立即重新点亮。

5.1.2.4 系统解除性能

5.1.2.4.1 同车道加速试验

被试车辆与目标车辆分别以 (35 ± 2) km/h 和 (50 ± 2) km/h 的车速在同一车道上行驶，当系统正常工作时，目标车辆以 (50 ± 2) km/h 的速度开始加速，当被试车辆与目标车辆距离超过 120m 时，被试车辆应自动解除 AEBS。除为防止车辆方向偏离对转向进行轻微调整外，试验中不对试验车辆进行任何调整,如图 5 所示。

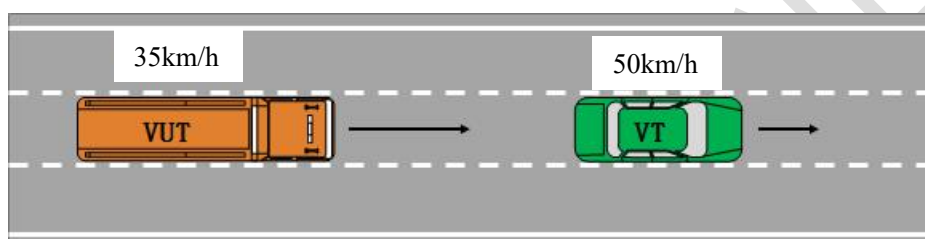


图5 同车道加速测试场景

在预警阶段，调度员打开转向灯以及制造商规定的其他方式等主动动作，检查系统的响应能否被调度员的主动动作中断。

在紧急制动阶段，调度员打开转向灯以及制造商规定的其他方式等主动动作，检查系统的响应能否被调度员的主动动作中断。

对安装有 AEBS 解除装置的车辆，将点火（启动）开关置于“点火”（运行）位置并解除 AEBS，检查报警信号是否点亮。将点火（启动）开关置于“关闭”位置。然后再次将点火（启动）开关置于“运行”位置，确认此前曾点亮的报警信号是否点亮。如果点火（启动）系统通过钥匙启动，则应在全程未拔出钥匙的条件下进行上述操作。

系统应满足如下要求：

- a) AEBS可允许调度员或智能车管平台中断预警阶段；
- b) AEBS应保证调度员或智能车管平台能够中断紧急制动阶段；
- c) 车辆解除AEBS时应满足下列的要求：
 - 1) AEBS应在车辆点火时自动恢复至正常工作状态；
 - 2) AEBS功能解除以后，应采用符合GB 4094规定的常亮的光学报警信号向调度员报警；可采用GB 4094规定的黄色报警信号。

5.1.2.4.2 同车道转弯试验

被试车辆与目标车辆分别以 (35 ± 2) km/h 和 (10 ± 2) km/h 的车速在同一车道上行驶，当系统正常工作时，目标车辆路口转弯，超出雷达监测范围后，被试车辆应自动解除 AEBS。除为防止车辆方向偏离对转向进行轻微调整外，试验中不对试验车辆进行任何调整,如图 6 所示。。

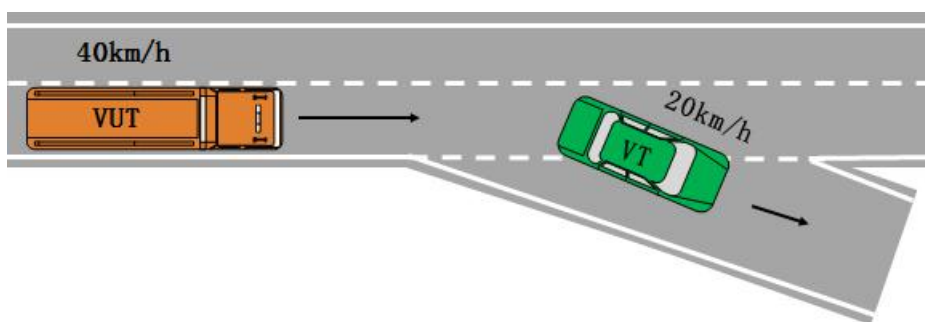


图6 同车道转弯测试场景

5.1.2.4.3 行人紧急制动测试

测试开始时，测试车辆沿规划的车道中心线加速到 35km/h，并保持一段距离，B-B 为自车的车道中心线。同时控制行人系统从测试车辆左侧距离测试车道中心线 5.5 米处沿A-A 路径运动，其中 F=1.0m 为行人的加速距离。L 点为主车与行人的碰撞点，行人在距离L 点 4.5m 时，应达到 8km/h 的目标速度。若自车 AEBS 系统自动刹停或发生碰撞，则测试结束，如图7 所示。

试验有效性要求如下：

- 自车速度应保持在 $\pm 2\text{km/h}$ 的误差范围内；
- 行人运动速度应保持在 $\pm 1\text{km/h}$ 的误差范围内；
- 自车的中心线的偏差不应超过自车宽度的 $\pm 20\%$ 。试验通过标准如下：
- 自车AEBS应该在TTC大于2.2s时发出预警；
- 自车AEBS碰撞时车速减少量应在20km/h以上；
- 进行3次测试，通过3次。

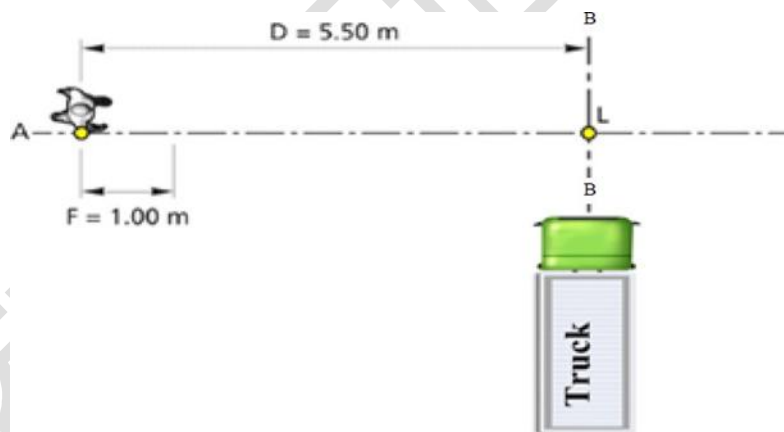


图7 针对行人紧急制动测试

5.1.2.5 系统防止误响应性能

5.1.2.5.1 夹道试验

将两辆满足 GB/T 3730.1-2001 规定的普通乘用车放置与被试车辆行驶方向相同的状态，两车内侧相距 4.5m，尾部对齐，如图8所示。

被试车辆从至少 60 m 的以外开始以 $(35 \pm 2)\text{km/h}$ 的恒定速度从两辆静止的车辆中间通过。除为防止车辆方向偏离对转向进行轻微调整外，试验中不应对试验车辆进行任何调整。

AEBS不应发出碰撞预警，也不应启动紧急制动阶段。

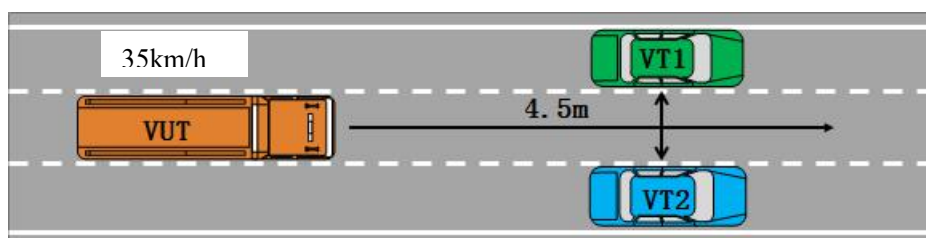


图 8 夹道试验测试场景

5.1.2.6 弯道横向目标识别测试

该测试在曲率半径为 250m 的弯道上进行。此测试必须动态进行，自车、邻车道前车和目标车辆以 10km/h 的速度同向行驶。自车和目标车在同一车道内行驶，邻车道前车在目标车辆外侧车道行驶，且车间距离不会触发预警，如图9所示。

测试开始后，邻车道前车减速至30km/h 以下，在自车超过临车道前车的过程中系统不应报警且不执行制动。然后目标车辆减速至自车能发出碰撞报警的速度。当自车TTC 小于等于 1.89s 时未报警，则测试结束。

试验有效性要求如下：

- 测试开始前，3 台试验车辆速度应保持在 $35 \pm 3\text{km/h}$ 范围内，至少 2s；
- 测试开始后到试验结束前，主车速度应稳定在 $\pm 3\text{km/h}$ 误差范围内。试验通过标准如下：
- 在自车超过邻车道前车的过程中系统不应报警且不执行制动；
- AEBS 系统应在 TTC 大于 1.89s 之前发出报警；
- 进行 1 次测试。

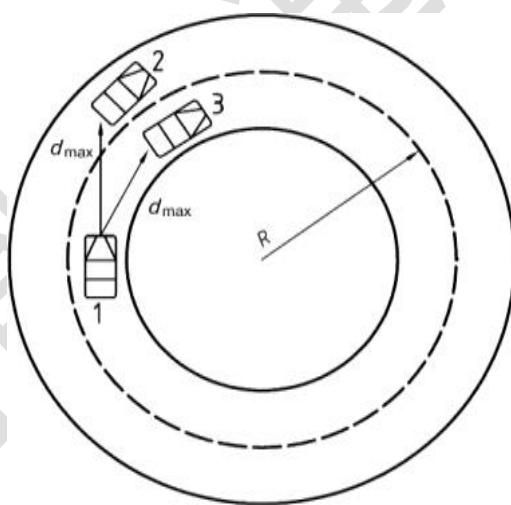


图 9 弯道横向目标识别测试场景

5.2 并道与超车试验

5.2.1 并道

5.2.1.1 相邻车道无车并道

5.2.1.1.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，且相邻车道无干扰车辆。如图10所示。

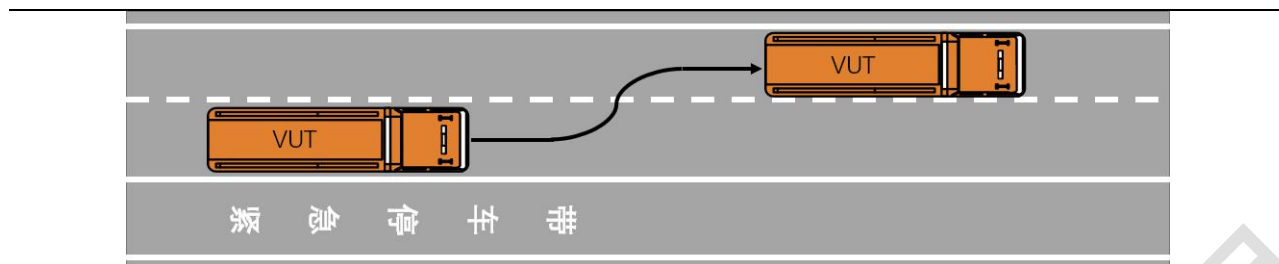


图10 相邻车道无车并道测试场景

5.2.1.1.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下以 30km/h 的速度沿车道中间匀速行驶，测试车辆开启系统。向左或者向右并道各进行 3 次测试。

5.2.1.1.3 技术要求

测试车辆应能开启正确转向灯，并在转向灯开启至少 3s 后开始转向。

测试车辆从开始转向至完成并入相邻车道动作的时间不大于 5s。

完成并道后正确关闭转向灯。

5.2.1.2 相邻车道测试车辆后方有车并道

5.2.1.2.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，在相邻车道内，测试车辆的后方区域存在目标车辆行驶，且目标车辆与测试车辆车间时距较长，如图11所示。

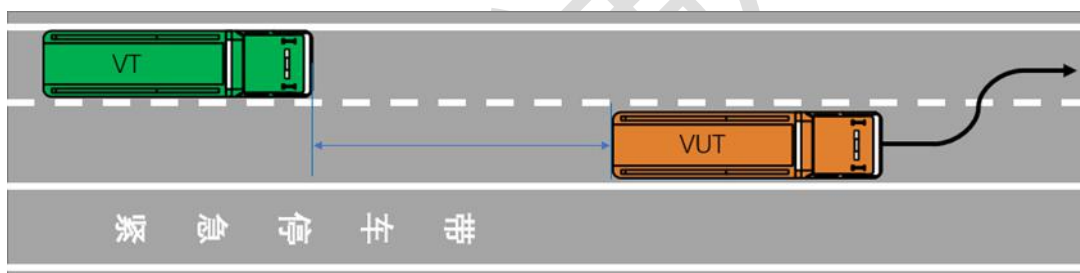


图11 相邻车道测试车辆后方有车并道

5.2.1.2.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以 30km/h 的速度在车道中间匀速行驶。相邻车道内目标车辆在测试车辆后方区域内以行驶，测试车辆开启系统。向左或者向右并道各进行 3 次测试。

5.2.1.2.3 技术要求

测试车辆应能正确检测目标车辆的位置、速度及加速度，并计算碰撞时间。

若碰撞时间 $\geq 7.5s$ ，测试车辆执行并道。

测试车辆应能开启正确转向灯，并在转向灯开启至少 3s 后开始转向；

测试车辆从开始转向至完成并入相邻车道动作的时间不大于 5s。

完成并道后正确关闭转向灯。

5.2.1.3 相邻车道测试车辆后方有车并道

5.2.1.3.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，在相邻车道内，测试车辆的后方区域存在目标车辆行驶，且目标车辆与测试车辆车间时距较短，如图12所示。

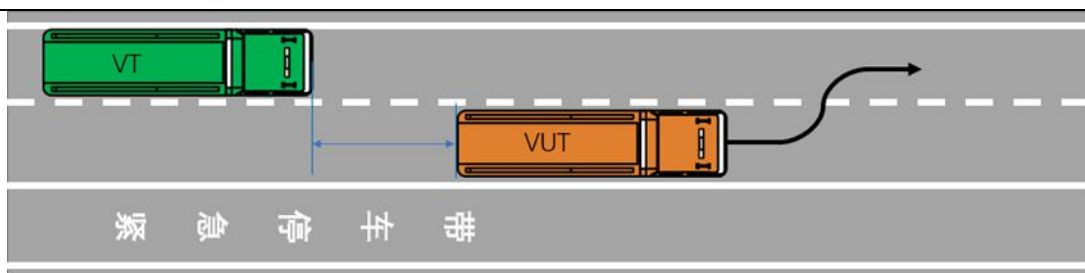


图12 相邻车道测试车辆后方有车并道

5.2.1.3.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以 30km/h 的速度在车道中间匀速行驶。相邻车道内目标车辆在测试车辆后方区域内以行驶，测试车辆开启系统。向左或者向右并道各进行 3 次测试。

5.2.1.3.3 技术要求

测试车辆应能正确检测目标车辆的位置、速度及加速度，并计算碰撞时间。
若碰撞时间 $<7.5s$ ，系统应发出警告，且不发出并道指令。

5.2.1.4 测试车辆前方有车并道相邻车道无车

5.2.1.4.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，测试车辆前方区域存在目标车匀速行驶，在相邻车道无车，如图13所示。

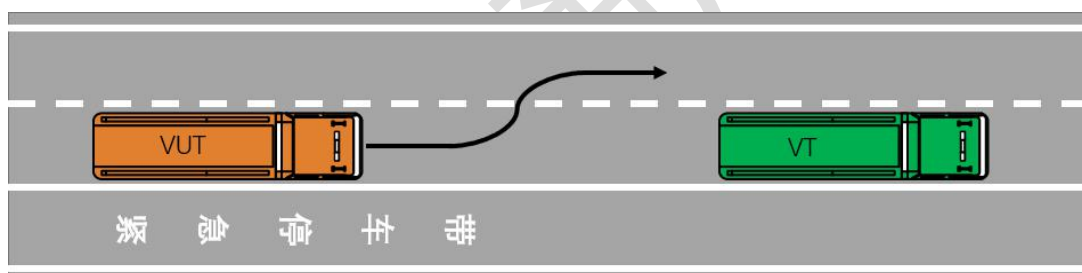


图13 测试车辆前方有车并道相邻车道无车

5.2.1.4.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以 30km/h 的速度在车道中间匀速行驶。目标车辆在测试车辆前方区域正常行驶，测试车辆开启系统。向左或者向右并道各进行 3 次测试。

5.2.1.4.3 技术要求

测试车辆应能正确检测目标车辆的位置、速度及加速度，并计算碰撞时间。
若碰撞时间 $\geq 7.5s$ ，测试车辆执行并道。
测试车辆应能开启正确转向灯，并在转向灯开启至少 3s 后开始转向；
测试车辆从开始转向至完成并入相邻车道动作的时间不大于 5s。
完成并道后正确关闭转向灯。
若碰撞时间 $<7.5s$ ，系统应发出警告，且不发出并道指令。

5.2.1.5 测试车辆前方有车并道相邻车道有车

5.2.1.5.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，测试车辆前方区域存在目标车1 正常行驶，在相邻车道内存在目标车辆 2 正常行驶，如图5所示。

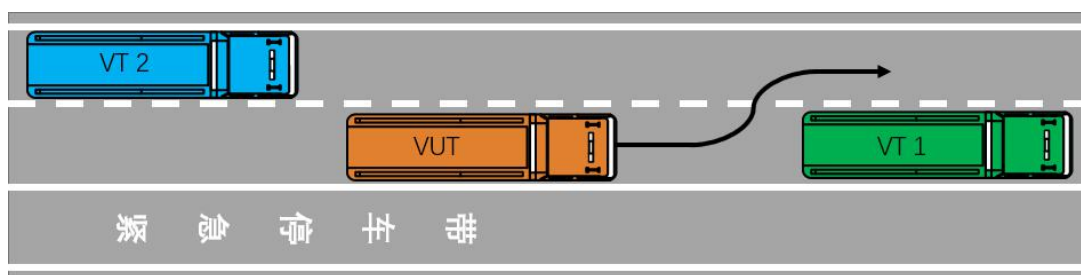


图14 测试车辆前方有车并道相邻车道有车

5.2.1.5.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以 30km/h 的速度在车道中间匀速行驶。目标车辆 1 在测试车辆前方区域正常行驶，目标车辆 2 在测试车辆后方区域正常行驶，测试车辆开启系统。

向左或者向右并道各进行 3 次测试。

5.2.1.5.3 技术要求

测试车辆应能正确检测目标车辆的位置、速度及加速度，并计算碰撞时间。

若碰撞时间 ≥ 7.5 s，测试车辆执行并道。

测试车辆应能开启正确转向灯，并在转向灯开启至少 3s 后开始转向；

测试车辆从开始转向至完成并入相邻车道动作的时间不大于 5s。

完成并道后正确关闭转向灯。

若碰撞时间 < 7.5 s，系统应发出警告，且不发出并道指令。

5.2.1.6 前方车道减少

5.2.1.6.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，在车道减少位置的前方 50m 处存在指示标志牌。测试车辆初始行驶于最右侧车道内，在相邻车道内存在目标车辆，并以相同速度匀速行驶如图15。

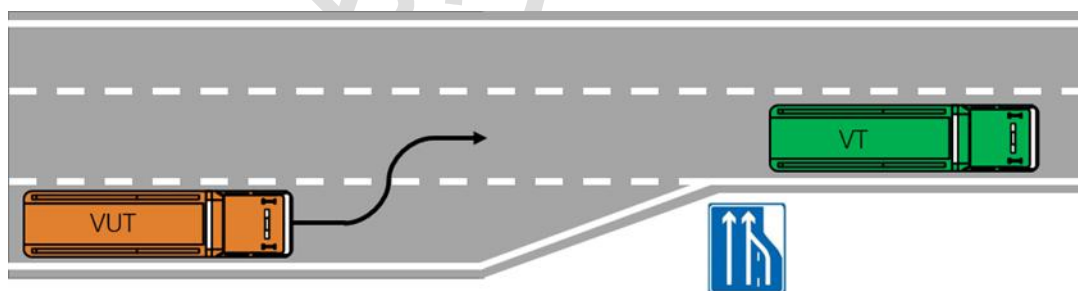


图15 前方车道减少测试场景

5.2.1.6.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，在距离车道变少指示标志牌 200m 前达到 30km/h 的车速，并沿车道中间匀速驶向车道变少指示标志牌，相邻车道内目标车辆在测试车辆前方 10m 至测试车辆后方 10m 的区域内以相同速度匀速行驶，如果测试车辆无并道操作，则调度员应及时接管车辆。

5.2.1.6.3 技术要求

测试车辆应能正确检测目标车辆的位置、速度及加速度，并计算碰撞时间。

系统应能通过加速或减速方式避让目标车辆，确保碰撞时间 ≥ 7.5 s来完成并道。

测试车辆应能开启正确转向灯，并在转向灯开启至少 3s 后开始转向。

测试车辆从开始转向至完成并入相邻车道动作的时间不大于 5s。

完成并道后正确关闭转向灯。

5.2.2 超车

5.2.2.1 双车道及以上超车

5.2.2.1.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间为白色虚线。测试车辆稳定行驶，系统以适当方式向测试车辆发出超车指令，如图6。

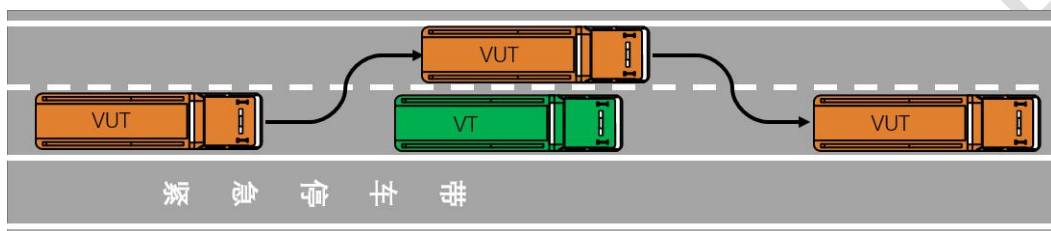


图16 双车道及以上超车

5.2.2.1.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下以 35km/h 的速度接近目标车辆，目标车辆正常行驶，以适当方式向测试车辆发出超车指令。

5.2.2.1.3 技术要求

若碰撞时间 $<7.5s$ ，测试车辆不得执行超车动作。

若碰撞时间 $\geq 7.5s$ ，测试车辆可执行超车动作，且需正确开启转向灯至少3s后开始转向。

测试车辆完成并道超车返回本车道后，需保持在车道中心行驶。

测试车辆在超车过程中不得与目标车辆发生碰撞，且不得影响目标车辆正常行驶。

5.2.2.2 单车道超车

5.2.2.2.1 测试场景

测试道路为单车道的长直道，中间为白色虚线。测试车辆稳定行驶，系统以适当方式向测试车辆发出超车指令，如图8。

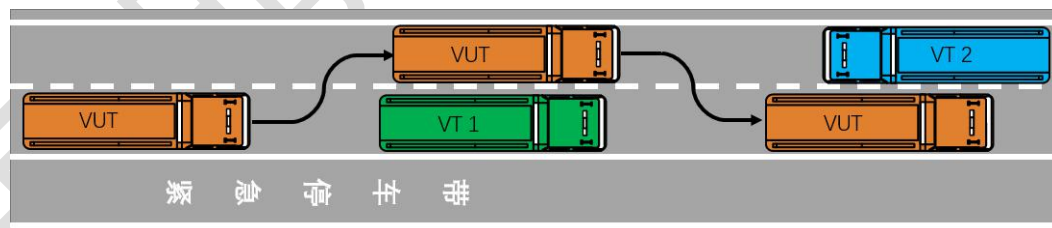


图17 单车道超车测试场景

5.2.2.2.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下以 35km/h 的速度接近目标车辆，目标车辆以20km/h的车速正常行驶，以适当方式向测试车辆发出超车指令。

5.2.2.2.3 技术要求

若碰撞时间 $<7.5s$ ，测试车辆不得执行超车动作；

若碰撞时间 $\geq 7.5s$ ，测试车辆可执行超车动作，且需正确开启转向灯至少3s后开始转向；

测试车辆完成并道超车返回本车道后，需保持在车道中心行驶；

测试车辆在超车过程中不得与目标车辆发生碰撞，且不得影响目标车辆正常行驶。

5.3 车道保持

5.3.1 总则

由于不同的系统概念，系统应该同时满足一个“直道测试”和“弯道测试”的试验步骤。

由数据记录中获取的参数：

- a) 横向加速度；
- b) 偏离速度；
- c) 车速。

由于车道保持辅助系统试验过程中产生了所有车道保持动作，应记录以上所列数据。数据应由系统以外的设备获取，在试验报告中应注明试验仪器的精度。

5.3.2 直道试验

试验步骤由8个单向试验组成（见图18）。

试验以车速 9~10 m/s沿一段直线路面直行。车辆可沿着车道中央行驶。

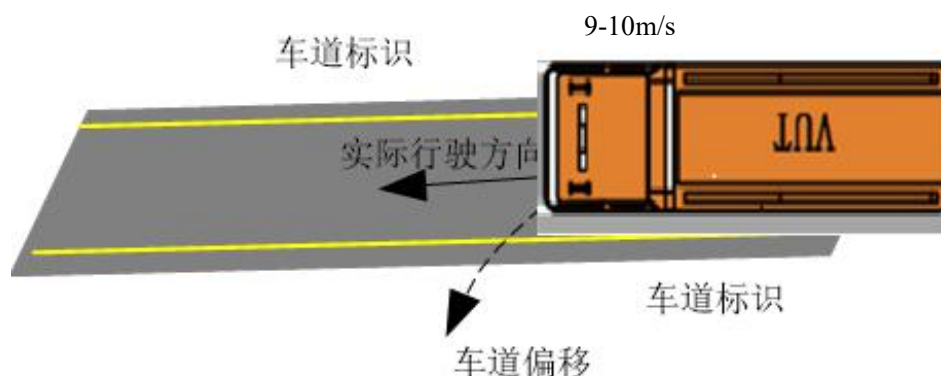


图18 试验方法图示

当车辆按照指定速度沿试验车道行驶并达到稳定状态后，车辆可向车道左侧和右侧逐渐偏离。以 $V_{\text{depart}} = 0.4 \pm 0.2 \text{ m/s}$ 的偏离速度进行两组共8次试验（第一组的四次向左偏离，第二组的四次向右偏离）。试验人员应根据相对于车道标识的偏离速度以组（每组四次试验）为单位顺次进行试验。为防止系统失效（如误用预防措施），汽车制造商应特别注明两次试验的最短时间间隔。

只要能满足偏离速度的要求，无论采用什么样的操作方式都视为通过（手动还是机器人）；试验中方向盘采取约束措施与否所进行的试验都视为通过。

基于实现干预执行机构的差别，方向盘是否采取约束措施所进行的试验都视为通过。

在试验过程中，如车辆的轮胎外缘超过车道分界线不大于 $LKAS_Offset_max$ ，视为此次单项试验通过。

无人驾驶集装箱卡车车辆：车辆轮胎外沿不允许越过车道边界。

所有8次试验全部通过，则视为直道试验通过。

5.3.3 弯道试验

5.3.3.1 试验步骤

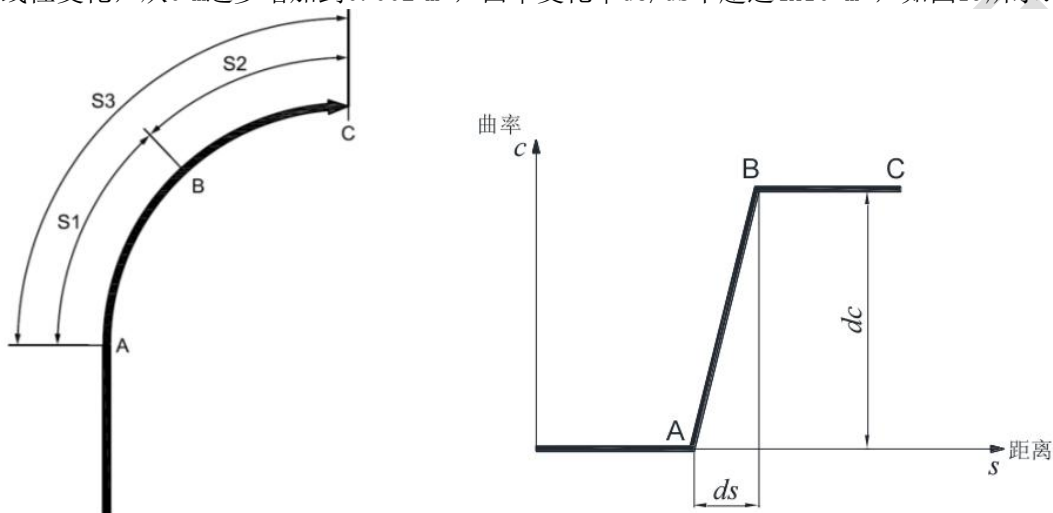
试验步骤由2个单向试验组成。在整个试验过程中试验车速为 35km/h。试验应在直道进入弯道的道路上进行。在直道上，调整试验车辆在车道的中央位置，并调整方向盘为零角度，沿平行于车道直线行驶。当车辆即将进入弯道前，方向盘设置为自由状态。进入弯道后，试验应持续进行到 $LKAS_curve_time$ 规定的时间。试验应进行8次，4次进入左弯道，4次进入右弯道。车辆的轮胎外缘超过车道分界线不大于 $LKAS_Offset_max$ ，视为此次单项试验通过。右弯道和左弯道试验都通过，则视为弯道试验通过。

LKAS_curve_time = 5 s

港口无人驾驶集装箱车辆：车辆轮胎外沿不允许越过车道边界。

5.3.3.2 测试车道

试验道路为一段直道连接一段弯道，其中弯道的长度要保证车辆能够行驶5 s以上。此弯道分为定曲率部分和变曲率部分，定曲率部分的曲率半径为500m，变曲率部分为直道和定曲率部分弯道的连接段，其曲率随弯道长度呈线性变化，从0 m逐步增加到 0.002 m^{-1} ，曲率变化率 dc/ds 不超过 $4 \times 10^{-5}\text{ m}^{-2}$ ，如图19所示：



说明：

S1-变曲率部分；

S2-定曲率部分。

图19 试验车道

5.4 定点停靠、起步

5.5 试验

5.5.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道。测试车辆匀速行驶，测试车辆侧方区域存在港口装卸机械设备等机械设备或车辆。

5.5.2 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以 35km/h 的速度在车道中间匀速行驶。测试车辆接收指令，在到达测试区域时减速，停车，并判断测试车辆定位系统并可以微调车辆姿态。进行 3 次测试。

5.5.3 技术要求

测试车辆接收指令。

测试车辆应能正确检测车辆的位置、速度及加速度。

测试车辆应根据要求正确判断停车位置。

测试车辆停车位置误差 $\pm 5\text{ cm}$ 。

测试车辆停车航向误差 $\pm 0.3^\circ$ 。

测试车辆- 一次定点停靠成功率 90%，二次定位 100%；

测试车辆精准定位、停车、起步成功后应以视觉、听觉等方式提示。

5.6 后台或人工操作接管试验

5.6.1 总则

该测试先确认智能车管平台与车辆管控之间的工作正常，在此基础上再进行提醒调度员或外部接管人员的声音与视觉提醒功能的确认，再进行调度员或外部接管人员判断、操作接管功能的测试。其中对于声音与视觉提醒功能的确认以主观评价进行。

5.6.2 声音与视觉提醒功能确认

在长直路上进行试验，被测车辆以恒定车速运行（推荐的测试车速区间为 10~35km/h 当达到测试车速后，触发需要调度员或外部接管人员接管车辆的指令。此时，车辆应具有声音与视觉的提醒功能，以提示调度员进行人工操作接管。

当车辆进行人工操作接管提醒时，调度员或外部接管人员能够清晰听到提示人工操作接管的声音警告。

5.6.3 视觉提醒的辨识性确认

当车辆进行人工操作接管提醒时，调度员或外部接管人员能够看到提示人工操作接管的视觉警告（视觉警告可以通过灯或屏幕上的信息来实现）。

5.6.4 车辆行驶状态可通过声音和视觉的辨识性进行外部确认

当车辆在进行转弯，定位微调，发生故障等情况时，可通过声音和视觉的辨识性进行现场外部确认。

5.6.5 调度员或外部接管人员接管功能测试

调度员或外部接管人员操作接管功能测试包含三个测试内容。分别为：通过手持设备进行接管；以及通过按钮或开关进行接管。

调度员或外部接管人员操作接管后调度员应获得对车辆的完全控制权限（完全控制权限包括对车辆转向、加速、制动、灯光等系统的控制权）。

5.7 无线通讯试验

5.7.1 网络接入要求

港区无人驾驶集卡车辆至少支持一种无线接入技术，包括 LTE、LTE-V2X、5G、蓝牙及 WIFI。

车辆子系统——路测子系统。

LTE、LTE-V2X：通信距离 ≥ 300 m；系统延迟 ≤ 500 ms。

5G：通信距离 ≥ 150 m；系统延迟 ≤ 100 ms。

5.7.2 试验采集数据

5.7.2.1 时间和日期

车辆子系统与路测子系统应提供时间和日期。时间应精确到秒，日期应精确到日。

各网络子系统之间时间误差 24h 内 ± 5 s（为防止累积偏差，应定期定时校时系统）。

5.7.2.2 数据采集

港区无人驾驶集卡车辆需支持车辆传感器采集数据的上报，采集数据类型见表 1。

表 1 采集数据类型

数据	单位	备注
车辆识别码		Vin
车辆类型		Type
时间	ms	
位置（经纬度）	deg	
位置（海拔）	m	
速度	m/s	
车头方向角	deg	
纵向加速度	m/s ²	
报警信息		Integer
事件类型		Integer

港区无人驾驶集卡车辆需支持接收路侧子系统数据，接收数据类型：

a) 交通参与者信息见表 2；

表 2 交通参与者信息

数据	单位	备注
时刻	ms	
位置（经纬度）	deg	
位置（海拔）	m	
速度	m/s	
行进方向角	deg	
基本类型		ENUM 港机设备、作业人员、临近车辆
设备类型		Integer
工作人员类型		Integer
车辆类型		Integer

b) 路面障碍物分类与位置信息见表 3 ；

表 3 路面障碍物分类与位置信息

数据	单位	备注
时刻	ms	
位置（经纬度）	deg	
位置（海拔）	m	
行进方向角	deg	
障碍物类别		ENUM

a) 远程控制信息。

5.7.3 车载 GNSS 定位测试

5.7.3.1 测试场地

检验场地应选择地质构造坚固稳定、利于长期保存、交通便利的地方进行。检验场地各个检验点应远离高压输电线路和微波无线电信号传送通道、大功率无线发射源（距离大于 200m），点周围环视高度角 10° 以上无障碍物，附近不应有强烈反射卫星信号的物体，天线安装高度应高于地面 1m 以上。

检验场地的基线距离测定精度应优于被检验接收机标称精度的三分之一。

监测设备应经计量检定合格，并在有效期内。

仪器架设的对中误差应小于 1mm，应在三个方向上量取天线高，其较差不超过 2mm，取平均值作为天线高。

5.7.3.2 基本功能测试

通过手簿检查各设置功能。

测试接收机显示功能：是否具有电源状态、工作模式、卫星状态、通讯方式及差分状态、数据记录及存储状态显示功能。

按照使用说明检查各接口端是否有明显标记和防插错措施，接口是否具有防静电功能。

分别对电源进行过流、过压、单元瞬间变化和偶然性极性反接操作，各保持 1min，再接入正常电源，观察能否正常定位。

5.7.3.3 测试通道数与跟踪能力

按 BD 420009-2015 中 5.8.2 测试方法进行。

使用 GNSS 卫星信号模拟器输出功率电平对-128dBm 的模拟信号，通过显控设备查看接收机收到卫星信号

的通道数，观察并记录接收机的通道数及跟踪卫星个数。

5.7.3.4 测试捕获灵敏度

按 BD 420009-2015 中 5.8.3 测试方法进行。

5.7.3.5 测试跟踪灵敏度

按 BD 420009-2015 中 5.8.4 测试方法进行

5.7.3.6 测试测量精度

5.7.3.6.1 单点定位测量精度

将接收机安置在检验场地已知坐标上，得到定位结果后，开始记录坐标，数据采样间隔 30s，记录数据 100 个，按公式（1）、（2）计算单点定位精度。

$$m_h = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(N_i - N_0)^2 + (E_i - E_0)^2]} \text{-----} (1)$$

$$m_v = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (U_i - U_0)^2} \text{-----} (2)$$

式中：

m_h 、 m_v ——分别为单点定位水平、垂直精度，单位 m；

N_0 、 E_0 、 U_0 ——已知点在站心坐标系下的北、东、高坐标，单位 m；

n ——单点定位坐标个数。

5.7.3.6.2 静态基线测量精度

将接收机安置在检验场地的已知点位上，基线长度 8km~20km，设置卫星截止高度角不大于 15°，采样间隔不大于 15s，观测四个时段，每个时段的观测时间不少于 30min，按公式（3）、（4）计算的静态基线测量精度应优于接收机标称标准差 σ ， σ 按公式（5）计算。

$$m_{hs} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 [(\Delta N_i - \Delta N_0)^2 + (\Delta E_i - \Delta E_0)^2]} \text{-----} (3)$$

$$m_{vs} = \sqrt{\frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 (\Delta U_i - \Delta U_0)^2} \text{-----} (4)$$

式中：

m_{hs} 、 m_{vs} ——分别为静态基准线测量水平、垂直精度，单位 m；

ΔN_0 、 ΔE_0 、 ΔU_0 ——已知基线在站心坐标系下的北、东、高方向分量，单位 m；

ΔN_i 、 ΔE_i 、 ΔU_i ——第 i 时段基线测量结果在站心坐标系下的北、东、高方向分量，单位 m；

$$\sigma = a + b \times D \text{-----} (5)$$

式中：

σ ——接收机标称标准差，单位 mm；

a ——固定误差，单位 mm；

b ——比例误差，单位 mm/km

D ——基线长度，单位 km，当实际基线长度 $D < 0.5$ km 时，取 $D = 0.5$ km 进行计算。

5.7.3.6.3 RTK 测量精度

接收机分别设置单 BDS、BDS/GPS/GLONASS RTK 差分。

单基站模式下，在检验场地内选取两个不大于 5km 的已知坐标点，单系统有效 GNSS 卫星数目不少于 8 颗，进行单基站 RTK 测试，基准站播发北斗/GPS/GLONASS 载波相位差分改正数据。接收机成功单点定位后，接收基准站差分数据，初始化完成后，记录 RTK 定位结果，每组连续采集不少于 100 个测量结果，共进行 10 组观测，每组测量结束后重新开机进行初始化。

网络 RTK 模式下，单系统有效 GNSS 卫星数目不少于 8 颗，进行网络 RTK 测试，在接收机成功单点定位后，接收网络差分数据，初始化完成后，记录 RTK 定位结果。每组连续采集不少于 100 个测量结果，共进行 10 组观测，每组测量结束后重新进行开机初始化。按照公式（6）计算 RTK 测量精度 m_s 。

$$m_{hRTK} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [(N_i - N_0)^2 + (E_i - E_0)^2]} \text{-----} (6)$$

$$m_{vRTK} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (U_i - U_0)^2} \text{-----} (7)$$

式中：

m_{hRTK} 、 m_{vRTK} ——分别为 RTK 测量水平、垂直精度，单位 mm；

N_0 、 E_0 、 U_0 ——分别为测试点的已知坐标在站心坐标系下的北、东、高坐标，单位 m；

N_i 、 E_i 、 U_i ——分别为被测设备第 i 个定位结果在经投影后得到的站心坐标系下的北、东、高坐标，单位 mm；

i ——动态 RTK 测量结果序号；

n ——动态 RTK 测量结果个数。

5.7.3.7 数据存储

通过手簿记录原始观测数据、差分数据，查看记录结果。

在接收机正常进行静态测量时切断电源，检查接收机是否有效存储断电前的观测数据。

将接收机采样间隔设置为 1s，卫星截止高度角设定为 15°，进行数据采集，观察 1h。根据采集到的观测数据文件（二进制格式）大小和接收机存储空间大小计算接收机可存储的数据量。

5.7.3.8 数据格式

检查接收机差分数据接口接收的数据内容和格式是否符合 BD 410002-2015、BD 410003-2015 中相关规定要求。

5.7.4 网络安全测试

5.7.4.1 应用通信安全

检测应用程序间通信是否使用安全通信协议（如：HTTPS）。

5.7.4.2 车内通信可靠性和可用性安全测试

检测车载端冗余备份和重发机制，保证发送重要数据时，传输数据可靠性。

检测数据分级发送机制，防止大量集中发送数据包导致总线拥塞和拒绝服务。

5.7.4.3 车辆对外通信安全

测试车载端网络接入，核查网络可靠和真实性。

测试 LTE、LTE-V2X、5G 通信，核查基于 EPS-AKA 或 5G-AKA 的双向认证、空口加密和完整性保护及基于证书的应用层安全机制。

模拟非法连接和恶意数据包发送，核查非法连接请求识别机制、恶意数据包过滤机制、网络逻辑隔离机制等是否有效。

使用非授权主体实施操作，检测关键操作的强验证机制可靠性。

同时发送不同重要性等级的指令，检测网络通信优先使用权机制，核查高重要性指令是否优先。

检测身份验证机制、身份认证、通信加密、完整性保护证书或密钥生成机制。

打开、关闭车载端短距离无线连接，检测其有效性。

在非特定和特定状态下分别发送通信连接请求，并对设备进行认证授权操作，测试设备连接权限，核查是否仅在特定状态下接收外来通信连接请求，其它状态仅允许已通过认证授权的设备连接。

5.8 路径规划

模拟给智能车管平台发送调度任务，监测“路线规划”应用运行情况，核查车辆接收运载任务信息及行驶线路信息的有效性和合理性。

5.9 信息安全试验

汽车 IVI 安全评测清单见表 4。

表4 IVI测试项清单

汽车部件	安全分类	评测类	评测项及方法描述	评测结果
IVI	硬件安全	IVI-1. 限管理	判断当前 MPU 芯片是否有可用的调试口（串口、JTAG、支持 ADB 的 USB 接口、BDM）	
		IVI-2. 权限管理	判断当前蓝牙模块是否有可用的调试口（串口）	
		IVI-3. 权限管理	判断当前 WIFI 模块是否有可用的调试口（串口）	
		IVI-4. 权限管理	判断当前蜂窝通讯模块是否有可用的调试口（串口、JTAG、USB）	
		IVI-5. 权限管理	判断当前 MCU 模块是否有可用的调试口（串口、JTAG、BDM）	
		IVI-6. 接口及网络扫描	判断当前 IVI 电路板是否存在用以标注芯片、端口和管脚功能的可读丝	
		IVI-7. 固件提取	检查是否有防固件提取措施	
	操作系统安全	IVI-8. 脆弱性组件	检测操作系统是否存在已知漏洞	
		IVI-9. 帐户安全	检查 root 登录是否存在弱密码漏洞	
		IVI-10. 帐户安全	检查 root 登录是否存在暴力破解漏洞	
		IVI-11. 帐户安全	在有远程 TELNET 登录功能的情况下，检查 TELNET 服务是否存在暴力破解漏洞	
		IVI-12. 帐户安全	在有远程 SSH 登录功能的情况下，检查 SSH 服务是否存在暴力破解漏洞	
		IVI-13. 帐户安全	在有远程 ADB 调试功能的情况下，检查 ADB 服务是否存在无需登录认证即可直接访问的功能	

	IVI-14. 权限管理	在有远程 ADB 调试功能的情况下，检查 ADB 服务是否赋予了 root 权限	
	IVI-15. 权限管理	检查对外围接口接入的存储介质上的文件类型是否做了限制（文件上传）	
	IVI-16. 权限管理	检查是否禁止运行外围接口接入的存储介质上的文件（代码执行、命令执行）	
	IVI-17. 权限管理	检查 android 系统是否是 debug 版本发布（信息泄漏）	
	IVI-18. 功能审计	测试能否使用 USB HID 设备进行操作（错误的输入验证）	
	IVI-19. 功能审计	测试 IVI 镜像篡改后能否正常引导	
	IVI-20. 权限管理	检查应用软件是否可被篡改	
	IVI-21. 权限管理	若为 QNX 系统，则检查是否留存有远程调试代理 pdebug（仿冒攻击、后门）	
	IVI-22. 权限管理	若为 QNX 系统，则检查是否留存了开发服务 qconn（仿冒攻击、后门）	
	IVI-23. 权限管理	应用软件调用执行拨打电话操作时，是否获得用户的确认才实际执行拨打操作（紧急救援电话除外）（未授权访问）	
	IVI-24. 权限管理	应用软件开通呼叫转移业务时，是否明示用户业务内容，且在用户确认的情况下执行操作（未授权访问）	
	IVI-25. 权限管理	用户是否可操作开启/关闭蓝牙无线连接（未授权访问）	
	IVI-26. 权限管理	用户是否可操作开启/关闭 WIFI 无线连接（未授权访问）	
	IVI-27. 权限管理	用户是否可操作开启/关闭 NFC 无线连接（未授权访问）	
	IVI-28. 权限管理	用户是否可操作开启/关闭蜂窝通讯网络数据连接（未授权访问）	

		IVI-29. 权限管理	应用软件调用启动本地录音功能时，是否在用户确认后启动录音操作（未授权访问）	
		IVI-30. 权限管理	检查车载模块用户界面是否提供云端对车辆定位功能的开关（如车辆隐身模式）（未授权访问）	
	第三方库	IVI-31. 脆弱性组件	检测第三方库是否存在已知漏洞	
应用安全		IVI-32. 重用测试	尝试 IVI 监听端口应用层报文重放，检测重放是否有效	
		IVI-33. 脆弱性组件	检测系统浏览器是否存在已知漏洞	
		IVI-34. 权限管理	若为 linux，检查非操作系统原生应用程序的用户权限是否全为 root（越权访问）	
		IVI-35. 帐户安全	检查车机提供的服务对于其上帐户登录访问是否存在暴力破解漏洞	
		IVI-36. 帐户安全	若车机上软件有记录密码功能，则检查本地密码是否存在信息泄露风险	
		IVI-37. 权限管理	检查应用业务申请的敏感权限与业务对该权限使用的必要性，出评估结（未授权访问）	
		IVI-38. 功能审计	检查固件升级是否有升级包校验机制（篡改）	
		IVI-39. 功能审计	测试固件升级能否进行降版本攻击	
		IVI-40. 重用测试	蓝牙：尝试蓝牙重放攻击（比如伪造 MAC 地址攻击），检测能否任意连接到IVI	
		IVI-41. 重用测试	蓝牙：尝试蓝牙中间人攻击，检测能否监测到 IVI 和手机间的通信数据	
		IVI-42. 权限管理	蓝牙：尝试蓝牙匿名文件传输，检测能否匿名上传文件成功	
		IVI-43. 重用测试	蜂窝通讯：如果支持蜂窝通讯，尝试短信和信令重放，检测能否重放成功	
		IVI-44. 权限管理	判断当前 WIFI 模块配置是否仅支持 WPA/WPA2	

	通讯安全	功能审计		
		IVI-45. 功能审计	检查 WIFI 热点密码是否有强度要求（至少包含八个字符，至少包含一个数字、小写字符和大写字符）（弱密码）	
		IVI-46. 接口及网络扫描	基于以太网/车载以太网/蓝牙/WIFI/蜂窝通信模块版本信息和芯片型号信息，检查是否存在已知漏洞（其中以太网模块要精确到端口及对应程序已知漏洞）	
		IVI-47. 功能审计	测试 IVI 与云端 TSP 通讯是否可以仿冒伪造（比如：有无身份认证）	
		IVI-48. 功能审计	检查跟 TSP 的通讯是否加密（信息泄露）	
		IVI-49. 功能审计	测试 IVI 与云端 TSP 的通信是否可篡改	
	数据安全	IVI-50. 帐户安全	若有不同驾驶员个性化适配功能（比如：亲人、代泊车者），则检查不同驾驶员间的隐私数据是否存在信息泄露风险	
		IVI-51. 功能审计	测试系统和应用日志是否泄露敏感信息，如调试信息	
		IVI-52. 功能审计	检查是否对通讯录数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-53. 功能审计	检查是否对通话记录数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-54. 功能审计	检查是否对录音数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-55. 功能审计	检查是否对位置信息进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-56. 功能审计	检查是否对相册数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-57. 功能审计	检查是否对短信数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-58. 功能审计	检查是否对日程数据进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-59. 功能审计	检查是否对浏览记录进行了加密存储（信息泄露）	

		IVI-60. 功能审计	检查是否对蓝牙配置信息进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-61. 功能审计	检查是否对 WIFI 的配置信息进行了加密存储（信息泄露）	
		IVI-62. 功能审计	检查能否从 PFX 证书中提取私钥（信息泄露）	
		IVI-63. 功能审计	检查私钥是否加密存储（信息泄露）	
		IVI-64. 固件分析	查看固件中是否有敏感信息泄露（如 root 口令、密钥、车辆身份证书等）	
	O T A 升 级	IVI-65. 功能审计	检验是否能从 OTA 升级过程中获取到固件升级包（信息泄露）	
	总 线 安 全	IVI-66. 重用测试	IVI 上面 MCU 模块发出的CAN 指令是否存在重放攻击漏洞	
	安 全 设 计	IVI-67. 权限管理	检查是否开启 SELinux 功能	
		IVI-68. 权限管理	查看敏感文件（如/etc/shadow, /etc/passwd,/etc/group, rhosts）的访问控制权限	
		IVI-69. 功能审计	检查是否启用硬件安全保护措施（如 TEE）	
		IVI-70. 功能审计	检查是否有防火墙功能	

汽车 T-BOX 安全评测清单见表 5。

表5 T-BOX测试项清单

汽 车 部 件	安 全 分 类	评 测 类	评 测 项 及 方 法 描 述	评 测 结 果
		TBOX-1. 权限管理	判断当前 MPU 芯片是否有可用的调试口（串口、JTAG、支持 ADB 的 USB 接口、BDM）	

T-BOX	硬件安全	TBOX-2. 权限管理	判断当前 WIFI 模块是否有可用的调试口（串口、JTAG、BDM）	
		TBOX-3. 权限管理	判断当前蜂窝通讯模块是否有可用的调试口（串口、JTAG、BDM）	
		TBOX-4. 权限管理	判断当前 MCU 模块是否有可用的调试口（串口、JTAG、BDM）	
		TBOX-5. 接口及网络扫描	判断当前 T-BOX 电路板是否存在用以标注芯片、端口和管脚功能的可读丝印（信息泄露）	
		TBOX-6. 固件分析	检查是否有防固件提取措施（信息泄露）	
	操作系统安全	TBOX-7. 脆弱性组件	检测系统是否存在已知漏洞	
		TBOX-8. 账户安全	检查 root 登录是否存在弱密码漏洞	
		TBOX-9. 账户安全	检查 root 登录是否存在暴力破解漏洞	
		TBOX-10. 账户安全	在有远程 TELNET 登录功能的情况下，检查 TELNET 服务是否存在暴力破解漏洞	
		TBOX-11. 账户安全	在有远程 SSH 登录功能的情况下，检查 SSH 服务是否存在暴力破解漏洞	
		TBOX-12. 权限管理	检查 android 系统是否是 debug 版本发布（信息泄露）	
		TBOX-13. 功能审计	在有远程 ADB 调试功能的情况下，检查 ADB 服务是否存在无需登录认证即可直接访问的功能	
		TBOX-14. 权限管理	在有远程 ADB 调试功能的情况下，检查 ADB 服务是否赋予了 root 权限	
		TBOX-15. 功能审计	检查 T-Box 镜像篡改后能否正常引导	
		TBOX-16. 权限管理	调试权限的限制：若为 QNX 系统，则检查是否留存有远程调试代理 pdebug（仿冒攻击 / 后门）	
		TBOX-17. 权限管理	调试权限的限制：若为 QNX 系统，则检查是否留存了开发服务 qconn（仿冒攻击 / 后门）	
	第三方库	TBOX-18. 脆弱性组件	检测第三方库是否存在已知漏洞	

	应用安全	TBOX-19. 权限管理	若为 linux，检查非操作系统原生应用程序的用户权限是否全为 root（越权访问）	
		TBOX-20. 重用测试	尝试重放 T-Box 监听端口应用层报文，检测重放是否有效	
		TBOX-21. 功能审计	检查固件升级是否有升级包校验机制（篡改）	
		TBOX-22. 功能审计	测试固件升级能否进行降版本攻击	
	通讯安全	TBOX-23. 重用测试	如果支持蜂窝通信，尝试短信和信令重放，检测能否重放成功（比如唤醒 T-Box 或者开空调等功能）	
	数据安全	TBOX-24. 接口及网络扫描	判断当前 WIFI 模块是否仅支持WPA/WPA2（其他加密算法容易被破解）	
		TBOX-25. 功能审计	检查 WIFI 热点密码是否有强度要求（至少包含八个字符，至少包含一个数字、小写字符和大写字符）（弱密码）	
		TBOX-26. 接口及网络扫描	基于以太网/车载以太网/WIFI/蜂窝通信模块版本信息和芯片型号信息，检测是否存在已知漏洞（其中以太网模块精确到端口及对应程序已知漏洞）	
		TBOX-27. 功能审计	测试 T-Box 与云端 TSP 通讯是否可以仿冒伪造（比如：有无身份认证）	
		TBOX-28. 功能审计	检查 T-Box 跟 TSP 的通讯是否加密（信息泄露）	
		TBOX-29. 功能审计	检查 T-Box 跟 TSP 的通讯是否可以被篡改	
		TBOX-30. 功能审计	检查系统和应用日志是否泄露敏感信息，如调试信息	
		TBOX-31. 功能审计	检查是否对 WIFI 的配置信息进行了加密存储（信息泄露）	
		TBOX-32. 功能审计	检查能否从 PFX 证书中提取私钥（信息泄露）	
		TBOX-33. 功能审计	检查私钥是否加密存储（信息泄露）	
		TBOX-34. 固件分析	查看固件中是否有敏感信息泄露（如 root 口令，密钥，车辆身份证书等）	

	OTA 升级	TBOX-35. 功能 审计	检验是否能从 OTA 升级过程中获取到固件升级包（信息泄露）	
	总线安全	TBOX-36. 重用 测试	T-Box 上的 MCU 模块下发的 CAN 指令是否存在重放攻击漏洞（通过尝试获取相同操作下 T-Box 上 MCU 模块下发的 CAN 指令是否一致来判断）	
	安全设计	TBOX-37. 权限 管理	检查是否开启 SELinux 策略	
		TBOX-38. 权限 管理	列出敏感文件（如/etc/shadow, /etc/passwd, /etc/group, rhosts）的访问控制权限	
		TBOX-39. 功能 审计	检查是否启用硬件安全保护措施（如 TEE）	
		TBOX-40. 功能 审计	检查是否有防火墙功能	

汽车 GW、ECU 安全评测清单见表 6。

表 6 GW、ECU 测试项清单

汽车部件	安全分类	评测类	评测项及方法描述	评测结果
G W、 ECU	通 信 安全	GW-1. 重用 测试	检查能否从 IVI 上重放控车指令	
		GW-2. 重用 测试	检查能否从 T-Box 上重放控车指令	
		GW-3. 重用 测试	检查能否从 OBD 上重放控车指令	
		GW-4. 网络 隔离	将其它 CAN 子网的报文注入到 IVI 所在的 CAN 子网，检查网关是否存在异常转发的情况	
		GW-5. 网络 隔离	将其它 CAN 子网的报文注入到 TBOX 所在的 CAN 子网，检查网关是否存在异常转发的情况	
		GW-6. 网络 隔离	将其它 CAN 子网的报文注入到 OBD 所在的 CAN 子网，检查网关是否存在异常转发的情况	
		GW-7. 网络 隔离	检查能否从 OBD 上收集到某一路 CAN 子网的所有 CAN 报文	
		GW-8. 网络 隔离	若网关存在车载以太网，检查以太网是否划分了子域。（前提是能拆到网关）	
		GW-9. 帐户 安全	检查 ECU 安全服务认证状态是否锁定	
		GW-10. 帐户 安全	计算 seed 返回数据长度是否大于等于 4 个字节	
		GW-11. 帐户 安全	检查 seed 值是否满足随机性分布	
		GW-12. 帐户 安全	检查 seed&key 尝试是否有次数限制	

		GW-13. 帐户安全	检查 ECU 安全服务是否有锁定时间限制	
		GW-14. 帐户安全	检测一个 seed 可以发送的 key 的尝试次数是否有限制	
		GW-15. 帐户安全	检测是否能成功碰撞出 ECU 的 seed&key	
		GW-16. 帐户安全	检查 ECU 是否有连续请求 seed 的限制	
		GW-17. 权限管理	读取 DID 内容（敏感信息泄露）	
		GW-18. 权限管理	检查是否可以通过 UDS 篡改 DID 信息（篡改 ECU 配置）	
		GW-19. 权限管理	检测是否可以通过 UDS / XCP 篡改 ECU 内存信息（是否存在内存篡改漏洞）	
		GW-20. 权限管理	是否可通过 UDS / XCP 协议读取 ECU 敏感信息	
		GW-21. 功能审计	尝试是否可控制 ECU 的收发策略（篡改 ECU 配置，可能导致拒绝服务）	
		GW-22. 功能审计	尝试是否可更改 ECU 通信速率（篡改 ECU 配置）	
		GW-23. 功能审计	检查 XCP 协议中 CAL/PAG、DAQ、STIM、PGM 是否使用 seed/key 认证机制	
		GW-24. 功能审计	检测能否不经过安全认证直接操纵 ECU 内部的运行参数（越权访问）	
		GW-25. 功能审计	检测能否不经过安全认证直接调用 Routine Control 服务（越权访问）	
		GW-26. 功能审计	检测是否有厂商自定义服务的接口	
		GW-27. 功能审计	检测能否模拟 RequestDownload 服务（越权访问）	

附 录 A
(资料性附录)
车型参数表

A.1 车型参数表见表A.1。

表A.1 车型参数表

车辆型式	8X4/8X8，双向行驶，两侧双转向
上装	平板带集装箱定位，40`/20`/2X20`
整车外廓（mm）	≤15000X2800
车身自重（kg）	≤15000
满载质量（kg）	≤80000
动力类型	纯电动，永磁电机驱动
续航里程（km）	≥120（按需设定）
智能化	自动驾驶 L4
线控底盘	电液转向/EBS/EPB

中国智能交通产业联盟
标准

港口无人驾驶集装箱车技术要求 第 4 部分：车辆测试和试验方法

T/ITS XXXX-20XX

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 X 月第一版 2021 年 X 月第一次印刷