

T/ITS

中国智能交通产业联盟标准

T/ITS 0101—2019

自动驾驶商用汽车测试场建设 及自动测试规范

Specification of test field construction and automatic testing of —
Autonomous commercial vehicles

2019-09-30 发布

2020-03-01 实施

中国智能交通产业联盟 发布

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 缩略语..... 3

5 测试场建设要求..... 4

6 测试要求与内容..... 8

7 测试方法..... 10

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由中国智能交通产业联盟提出并归口。

本标准起草单位：山东省科学院自动化研究所、清华大学、中国重型汽车集团有限公司、中国汽车工程研究院、电信科学技术研究院、金溢科技股份有限公司、北京聚利科技股份有限公司、齐鲁交通信息集团有限公司。

本标准主要起草人：张子辉、李研强、王勇、王建强、许庆、童星、田磊、曾望云、何宁、李阳龙、林琳、陈殿勇、曹建永、李茹、杨孟、于良杰、车晓波、范新建、王磊、闫旭琴、赵义强、明钰、陈泓运。

自动驾驶商用汽车测试场建设及自动测试规范

1 范围

本标准规定了自动驾驶商用汽车测试的术语和定义、功能要求、性能指标、试验方法等内容。本标准中的商用汽车包括国家标准GB/T 3730.1-2001《汽车和挂车类型的术语和定义》中第2.1.2.1款（客车）、第2.1.2.2款（半挂牵引车）、第2.1.2.3款（货车）所定义的车辆，不包含2.2款（挂车）和2.3款（汽车列车）。

本标准主要面向L3-L4级别自动驾驶商用汽车的测试要求、测试内容以及测试方法，适用于公共道路，主要包括城市场景和高速场景，不包含港口、矿山等受限场景。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是标注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 3730.1-2001 《汽车和挂车类型的术语和定义》
- GB 1589-2016 《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》
- GB 5768-2017 《道路交通标志和标线》
- GB 14887-2011 《道路交通信号灯》
- JT/T 883—2014 《营运车辆行驶危险预警系统 技术要求和试验方法》
- JT/T 1242—2019 《营运车辆自动紧急制动系统性能要求和测试规程》
- JTG D80 《高速公路交通工程及沿线设施设计通用规范》
- SAE J3016 《道路机动车驾驶自动化系统的分类和定义标准》
- SAE J3018 《高度自动化车辆公路安全测试标准》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

测试车辆 vehicle under test

为进行自动驾驶汽车道路测试申请、按本文件要求进行自动驾驶功能测试的自动驾驶商用车辆。

3.2

背景车辆 background vehicle

用于构建测试场景的乘用车、商用车，或具备激光雷达、毫米波雷达、超声波雷达和摄像头等传感器的感知属性、能够替代上述车辆的柔性目标，可由人工操作或远程控制。

3.3

模拟行人 simulated pedestrian

用于构建测试场景中行人的假人，可以沿设定的路径运动，可由人工操作或远程控制。

3.4

自动驾驶测试场 autonomous testing field

自动驾驶测试场是为自动驾驶车辆提供测试、能力评估、验证、训练等服务的场地环境，包括专用测试场和封闭的专用测试道路。

3.5

测试场景 test scenario

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

3.6

交通流 traffic flow

交通流是指车辆和行人在道路上连续行驶形成的车流和人流，按照其中包含的交通工具类型可以分为：机动车流、非机动车流、混合交通流等。

3.7

测试设备 test equipment

测试设备是在自动驾驶测试过程中，为测试车辆提供任务信息，并记录测试车辆完成任务时决策和反应信息的设备总称。

3.8

编队行驶 platooning

两辆或者两辆以上的自动驾驶车辆以较小的车距纵队排列的行驶状态在特定场景下行驶，其中第一辆可以为人工驾驶车辆或自动驾驶车辆，从第二辆开始为自动驾驶车辆。

3.9

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，控制车辆照明及信号装置。注：不包括行程计划，目的地和路径的选择等任务。

3.10

驾驶动作 driving maneuver

测试车辆在执行动态驾驶任务时所进行的最基本的操作，包括但不限于：启动、跟车行驶、并道、紧急制动。

3.11

驾驶行为 driving behavior

测试车辆在完成某项动态驾驶任务时，所进行的多项驾驶动作的集合，包括但不限于：超车、交叉路口通行、环形路口通行、各种交通元素的识别及响应等。

3.12

相对车速 relative velocity

测试车辆与目标背景车辆的纵向车速之差，计算方法见公式(1)：

$$v_r(t) = v_{vt}(t) - v_{bv}(t) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$v_r(t)$ ——相对车速 (m/s)；

$v_{vt}(t)$ ——测试车辆的车速 (m/s)；

$v_{bv}(t)$ ——前车的车速 (m/s)。

3.13

距离碰撞时间 time to collision

在t时刻，测试车辆与目标障碍物发生碰撞所需的时间，计算方法见公式(2)：

$$TTC = \frac{x_c(t)}{v_r(t)} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

TTC ——距离碰撞时间 (s)；

$x_c(t)$ ——车间距离 (m)。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

V2X：车联网 (Vehicle-to-Everything)

V2V：车车通讯 (Vehicle-to-Vehicle)

V2I：车路通讯 (Vehicle-to-Infrastructure)

OBU: 车载单元 (On Board Unit)

RSU: 路侧单元 (Road Side Unit)

TTC: 距离碰撞时间 (Time To Collision)

GNSS: 全球卫星导航系统 (Global Navigation Satellite System)

VBOX: 汽车数据记录装置 (Velocity Box)

RT-RANGE: 汽车数据测量装置 (Real-time Range)

5 测试场建设要求

5.1 总体要求

5.1.1 总体结构

自动驾驶测试场是一个完全网联的封闭测试环境,通过配备网联通信设施(包括路侧单元和车载单元)、智能基础设施(交叉口信号控制设备和视频监控设备等)以及高精度定位设施(GNSS差分基站等),最终形成一个“车-路”即时交互的智能生态系统,其总体结构如图1所示。封闭测试场建设包括基础场地建设(包括不同特性的道路、环岛、隧道、桥梁,及道路周边建筑设施等)、道路附属设施(包括交通信号灯、标志标线、路锥等)、交通流模拟设备(包括模拟行人、机动车辆、非机动车辆、障碍物等)、智能基础设施建设(包括智能感知及采集设备、网联通信设备、高精度定位辅助基站等)、测试设施建设等。

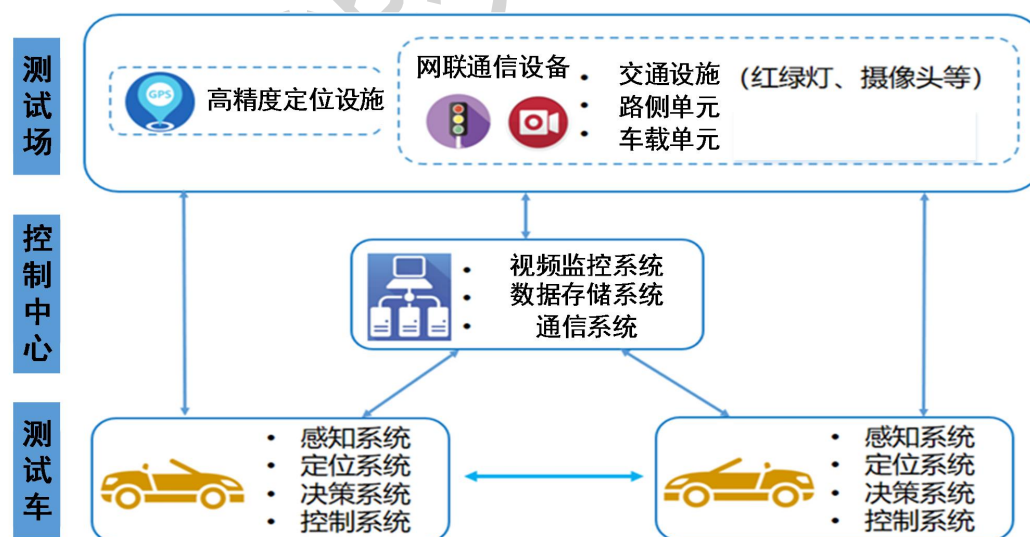


图 1 自动驾驶测试场总体结构图

5.1.2 实施要求

测试场地建设应包含多种测试路段,覆盖典型的道路交通场景,以及信号灯、道路交通标志和标线,与各种交通模拟测试设备配合生成不同的交通测试场景,用于自动驾驶商用汽车的测试、评价和示范。

测试场内应建设有控制中心,控制中心应包括视频监控系统、数据存储系统和通讯系统,能实现对测试过程的全程监控。

5.2 场地建设

5.2.1 道路要求

测试场道路主体的类型、建设长度、设计行车速度和车道类型具体要求如表1所示:

表 1 道路类型与设计要求

道路类型	建设长度 (m)	测试车辆速度 (km/h)	车道类型具体要求
高速公路主路(环道)	≥ 2000	≥ 100	车道不少于3条,含应急车道、超车道
高速公路主路(直道)	≥ 500	≥ 100	车道不少于3条,含应急车道、超车道
高速公路出入口、匝道及其他	-	≥ 40	应急车道,行车道
快速路主路	≥ 1000	≥ 90	行车道不少于3条
快速路出入口及其他	-	≥ 40	行车道不少于1条
城市主干路	≥ 1000	≥ 60	潮汐车道,右转专用道
城市次干路	≥ 1000	≥ 40	公交专用道,主辅路,非机动车道,机非混行道
城市支路	≥ 1000	≥ 30	车道不少于4条
环岛	-	≥ 30	双车道环道,4个出入口
城市其他道路	-	≥ 30	车道不少于2条

5.2.2 道路附属设施要求

场地内交通标志、交通标线、交通信号灯要求如表2所示:

表 2 交通标志、交通标线与交通信号灯要求

交通标志、标线与信号灯		具体要求
交通标志	指示标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定,包括:直行、向左转弯、向右转弯、直行和向左转弯、直行和向右转弯、靠右侧道路行驶、靠左侧道路行驶、单行路、最低限速、右转车道、直行和右转合用车道、人行横道、公交专用道等标志。
	警告标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定,包括:注意儿童、注意行人等标志。
	禁令标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定,包括:禁止通行、禁止驶入、禁止左转、禁止右转、禁止直行、禁止掉头、限制速度、停车让行、减速让行、会车让行等标志。

表 2 (续)

交通标志、标线与信号灯		具体要求
交通标志	指路标志	根据测试场实际情况, 应符合GB 5768.2-2017的有关规定。
	道路施工安全标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定中道路施工安全标志的要求。
	辅助标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定中学校、时间范围等标志的要求。
	限高标志	应符合GB 5768.2-2017的有关规定中针对商用车的限高标志要求。
交通标线	指示标线	应符合GB 5768.3-2017的有关规定, 包括: 双向车道路面中心线、车行道分界线、车行道边缘线、左转弯待转区线、左转弯待导向线、人行横道线、停车位标线等。
	禁止标线	应符合GB 5768.3-2017的有关规定, 包括: 禁止超车线、停止线、停车让行线、减速让行线、导流线、网状线、专用车道线等。
	警告标线	依据测试场实际情况, 应符合GB 5768.3-2017的有关规定。
交通信号灯		应符合GB 14887-2011的有关规定, 包括: 铁路道口信号灯, 有条件的可实现车道信号灯、方向指示信号灯、闪光警告信号灯。
		应符合GB 14887-2011的有关规定, 包括: 非机动车信号灯、移动式交通信号灯。
		应符合GB 14887-2011的有关规定, 包括: 机动车信号灯、人行横道信号灯。

5.2.3 交通模拟设施要求

场地内交通模拟设施要求如表3所示:

表 3 交通模拟设施类型与设计要求

设施类型	具体要求
模拟湿滑路面设施	应建设湿滑路面, 附着系数不大于0.3, 长度不少于100米, 用于通过湿滑路面测试与能力评估。
模拟雨天设施	应建设模拟雨天设施, 长度不少于200米, 应能模拟(小时降雨量, 毫米): 中雨(10~25), 大雨(26~40), 有条件可以模拟暴雨(50~100), 用于通过雨区道路测试训练与能力评估。
模拟雾天设施	应建设模拟雾天设施, 长度不少于200米, 应能模拟(能见距离: 米): 大雾(15~80), 用于通过雾区道路测试与能力评估。
模拟夜间路灯设施	应在部分城市道路上建设路灯系统, 包括黄色、白色两种灯光, 用于夜间行驶测试与能力评估。
模拟光照设施	有条件的可建设模拟光照设施, 应能模拟阳光25klx~30klx范围阳光直射。
模拟收费站	应建设不少于1处模拟收费站设施, 应包含双向不少于2个收费口, 包含ETC收费口、人工收费口。
模拟加油站	应建设不少于1处模拟加油站设施, 不少于2个车道, 不少于1处加油位置。
模拟充电站	应建设不少于1处模拟充电设施, 不少于1个停车位。
模拟高速服务区	应建设不少于1个模拟高速服务区, 其中应包含加油站、充电站、停车场等设施。
模拟街景设施	应建设模拟街景设施, 长度不少于100米, 高度不低于8米, 用于网联通信, 视距遮挡测试。
模拟停车场	应在城市道路路侧设施不少于4个以上路侧停车位。有条件的可以建设单独的停车场。
模拟限高设施	应建设不少于1处模拟限高设施。

表 3 (续)

设施类型	具体要求
模拟限宽设施	应建设不少于1处模拟限宽设施。
模拟公共汽电站台	应建设不少于1处模拟公共汽电站台设施。
道路隔离设施与安全设施	应依据道路实际情况, 设置护栏、隔离墩、绿化隔离带等多种多处软硬隔离设施。高速公路应包含反光标志、防眩设施。
减速带	应建设不少于1处减速设施。

5.3 测试设施要求

5.3.1 总体要求

测试场内测试设施建设应覆盖完整的车联网环境, 建设移动通信基站和GNSS差分基站, 并安装wifi通信设备和RSU。应提供测试场的高精度地图, 并在测试路段安装摄像头、麦克风和VBOX进行影像和数据记录。并可通过交通流模拟设备模拟各种测试场景, 安装RT-RANGE和四轮定位台进行相对定位和车轮定位。

5.3.2 场地交通流模拟设备

测试场内交通流模拟设备要求如表4所示:

表 4 交通流模拟设备要求

设备类型		设备要求
背景机动车		应提供大、中、小型货车或客车模拟设备各不少于1套，有条件可提供三轮车、摩托车以及特种车辆的模拟设备，并可模拟故障状态。
背景非机动车		应提供电动车和自行车模拟设备各不少于1套。
背景行人及动物		应提供成人、儿童模拟设备各不少于1套。
其他临时限制 模拟设施及物品	施工区	应能提供施工区域模拟设施。
	障碍物	应能提供不少于5种道路模拟障碍物
	交通管控与交通事故	应能提供移动式交通管控的模拟设施。

5.3.3 自动驾驶测试场设备

根据自动驾驶商用车测试需求, 测试场设备应包括通信设备、定位设备和数据采集设备, 其要求如表5所示:

表 5 测试场通信设备、定位设备与数据采集设备要求

设备类型	设备名称	设备功能	具体要求
通信设备	DSRC设备	DSRC通信	可根据测试场具体情况选择。
	LTE-V设备	LTE-V通信	可根据测试场具体情况选择。
	5G设备	5G-V2X通信	可根据测试场具体情况选择。
	WIFI通信设备	WIFI连接	可根据测试场具体情况选择。
定位设备	信息诱导设备	交通信息发布	应提供信息诱导设备不少于1套。
	GNSS差分基站	定位导航	可根据测试场具体情况选择
	RT-RANGE	相对定位	应提供相对定位设备不少于1套。
	四轮定位台	车轮定位	应提供四轮定位台设备不少于1套。
数据采集设备	数据和影像记录设备	数据和影像记录	应提供VBOX设备不少于1套。
	音频采集设备	声音模拟信号采集	应提供麦克风设备不少于1套。
	视频采集设备	图像模拟信号采集	应提供摄像头设备不少于1套。
	微波雷达	道路检测	应提供微波雷达不少于1套。
	交通违法检测装置	抓拍兼录像摄像	应提供交通违法检测装置不少于1套。

6 测试要求与内容

6.1 总体要求

测试车辆需要在封闭测试场内进行相应测试项目的实车试验，每个测试项目有效试验次数为3次，3次测试全部通过则达到标准。测试时需要通过信息采集设备记录测试车辆进行每一项测试的操作过程和内容，作为测试结果进行评估。

6.2 测试设备要求

6.2.1 背景车辆控制精度

背景车辆控制精度应满足如下要求：

- a) 背景车辆速度精度为2km/h；
- b) 背景车辆加速度精度为0.5m/s²；
- c) 背景车辆横向位置精度为0.1m；
- d) 背景车辆纵向位置精度为0.1m。

6.2.2 信息采集设备类型

- a) 信息采集设备包含但不限于视频采集、车辆状态信息记录、数据存储和传输等功能的设备。
- b) 信息采集设备的安装位置包含但不限于：
 - 1) 测试车辆；

- 2) 封闭测试场地路侧;
- 3) 背景车辆上。

6.2.3 信息采集设备精度要求

信息采集设备应满足下列精度要求:

- a) 动态数据采样和存储的频率至少为 100Hz;
- b) 精度要求:
 - 1) 速度精度为0.1km/h;
 - 2) 横向和纵向位置精度为0.03m;
 - 3) 加速度精度为0.1m/s²。

6.2.4 测试过程中记录内容

测试过程中记录内容应包括:

- a) 车辆控制模式;
- b) 车辆速度、加速度等运动状态;
- c) 环境感知与响应状态;
- d) 车辆灯光、信号实时状态;
- e) 车辆外部360° 视频监控情况;
- f) 反映测试驾驶人和人机交互状态的车内视频及语音监控情况。

6.3 测试内容

针对商用汽车特点, 对应的相关测试项目如表6所示:

表 6 商用汽车自动驾驶功能检测项目

序号	检测项目	城市道路测试区		高速测试区
		无背景车辆场景	含背景车辆场景	
1	交通标志和标线的识别及响应	✓		✓
2	交通信号灯的识别及响应*	✓		✓
3	前方背景车辆(含对向车辆)行驶状态的识别及响应		✓	✓
4	障碍物的识别及响应	✓	✓	✓
5	行人和非机动车的识别及响应*		✓	
6	跟车行驶(包括停车和起步)		✓	✓
7	靠路边停车	✓		✓
8	超车		✓	✓
9	并道行驶		✓	✓

表 6 (续)

序号	检测项目	城市道路测试区		高速测试区
		无背景车辆场景	含背景车辆场景	
10	交叉路口通行*	✓	✓	
11	环形路口通行*		✓	✓
12	自动紧急制动		✓	✓
13	人工操作接管	✓	✓	✓
14	联网通信*	✓	✓	✓
15	隧道通行	✓		✓
16	高速匝道通行			✓
17	收费站通行			✓
18	车辆编队行驶*			✓
19	特殊天气行驶*	✓	✓	✓
20	夜间行驶*	✓	✓	✓
注：标注*的项目为选测项目，企业声明车辆具有标注*项目的自动驾驶功能或者测试路段涉及相应场景时，应进行相关项目的检测，申请城市简单道路仅需通过有红绿灯场景。				

7 测试方法

7.1 交通标志和标线的识别及响应测试

7.1.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以不低于30km/h的车速沿预定测试路线行驶，测试场景可为城市道路或高速公路，可通过人工方式或车载数据采集设备记录数据。

测试工况如下：

a) 工况1：交通标志识别

测试车辆按照标志的文字或符号传递的引导、限制、警告或指示信息行驶。用于评估的交通标志不少于5种，包括但不限于禁令、警告、指示等标志。

b) 工况2：交通标线识别

测试车辆按照路面上的各种线条、箭头、文字、立面标记、突起路标和轮廓标等传递的信息行驶。用于评估的交通标线不少于5种，包括但不限于指示、禁止、警告等标线。

c) 工况3：交通标志和标线混合识别

测试车辆按照行驶路线上的交通标志和标线行驶。

7.1.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下行驶完测试路线，行驶过程中能识别出沿途的交通标志和标线，测试车辆停止时间不超过3s。

7.2 交通信号灯的识别及响应测试

7.2.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以不低于30km/h的车速依据测试路线按照交通信号灯信号行驶，测试场景可为城市道路或高速公路，可通过人工方式或车载数据采集设备记录数据。

7.2.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下行驶完测试路线，行驶过程中能识别出交通信号灯状态，绿灯时测试车辆停止时间不超过3s。

7.3 前方背景车辆（含对向车辆）行驶状态的识别及响应测试

7.3.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以不低于30km/h的车速依据测试路线行驶，行驶过程中测试车辆前方出现背景车辆不少于5辆，其中处于行驶状态中的车辆不少于2辆，对向车辆不少于1辆。测试场景可为城市道路或高速公路，可通过人工方式或车载数据采集设备记录数据。

7.3.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下行驶完测试路线，行驶过程中能识别出前方背景车辆（对向车辆），测试车辆停止时间不超过3s。

7.4 障碍物的识别及响应测试

7.4.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以不低于30km/h的车速依据测试路线行驶，行驶路线中静置不少于3个模拟障碍物（高度不低于50cm），模拟障碍物形状不少于2种。测试场景可为城市道路或高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.4.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下行驶完测试路线，行驶过程中能识别出障碍物，并能够以制动或转向等方式避免与障碍物发生碰撞。

7.5 行人和非机动车的识别及响应测试

7.5.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，以不低于30km/h的车速依据测试路线行驶。行驶过程中测试车辆前方出现背景行人和背景非机动车总数不少于5台（背景非机动车不少于1辆）。测试场景为城市道路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.5.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下行驶完测试路线,行驶过程中能识别出前方模拟行人和模拟非机动车,并能够以制动或转向等方式避免与障碍物发生碰撞。

7.6 跟车行驶(包括停车和起步)测试

7.6.1 测试方法

测试工况如下,可通过人工方式或路侧、车载数据采集设备记录数据。

a) 工况1: 起步

测试车辆在无人工干预情况下完成起步后,跟随前方背景车辆行驶。

b) 工况2: 城市道路场景

测试车辆在自动驾驶模式下,与前方背景车辆保持TTC大于等于2s。前方背景车辆的行驶速度不低于30km/h,行驶距离不低于1000m,在行驶过程中不少于1次的加速和减速。

c) 工况3: 高速场景

测试车辆在自动驾驶模式下,与前方背景车辆保持TTC大于等于2s。前方背景车辆的行驶速度不低于60km/h,行驶距离不低于2000m,在行驶过程中不少于1次的加速和减速。

d) 工况4: 停车

前方背景车辆停车后,测试车辆在无人工干预情况下完成停车。

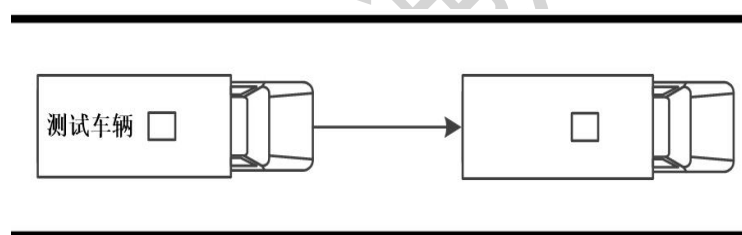


图 2 跟车行驶测试示意图

7.6.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下完成起步、跟车行驶和停车,并在行驶过程中与前方背景车辆保持规定的距离。

7.7 靠路边停车测试

7.7.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下,开启右转向灯,依据后方和右侧交通情况,减速,向右转向靠边,平稳停车。关闭转向灯,启动驻车制动器。测试场景为城市道路,可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.7.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下完成靠边停车操作,停车后,车轮距离道路右侧边缘线或人行道边缘不大于30cm。

7.8 超车测试

7.8.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，超车前保持与被超越车辆的安全跟车距离。依据左侧交通情况，开启左转向灯，选择合理时机，从被超越车辆的左侧超越。超车时，依据被超越车辆的动态，保持横向安全距离。超越后，在不影响被超越车辆正常行驶的情况下，开启右转向灯，逐渐驶回原车道，关闭转向灯。测试场景为城市道路或高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.8.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下完成换道超车操作，超车时能与被超越车辆保持安全距离，超车后回到原车道时，不能妨碍被超车辆正常行驶。

7.9 并道行驶测试

7.9.1 测试方法

测试工况如下，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

a) 工况1：城市道路场景

测试车辆在自动驾驶模式下，在直道上以不低于30km/h的车速与左（或右）车道背景车辆并行行驶。测试车辆收到向左（或右）变道请求，打开转向灯2s后，平稳加速或减速与背景车辆保持安全距离后变道行驶，关闭转向灯。

b) 工况2：高速场景

测试车辆在自动驾驶模式下，在直道上以不低于60km/h的车速与左（或右）车道背景车辆并行行驶。测试车辆收到向左（或右）变道请求，打开转向灯2s后，平稳加速或减速与背景车辆保持安全距离后变道行驶，关闭转向灯。

7.9.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下完成并道操作，能够正确开关转向灯，变道过程不得碾压目标车道的左（或右）侧车道线，不得与背景车辆发生碰撞。

7.10 交叉路口通行测试

7.10.1 测试方法

7.10.1.1 交通信号灯路口通行

测试车辆在自动驾驶模式下，在检测到红灯后，以合适的速度提前减速并停在停止线之前。待直行方向红灯转为绿灯时，测试车辆再通过路口。在测试过程中，背景车辆先行驶，测试车辆随后行驶。测试场景为城市道路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

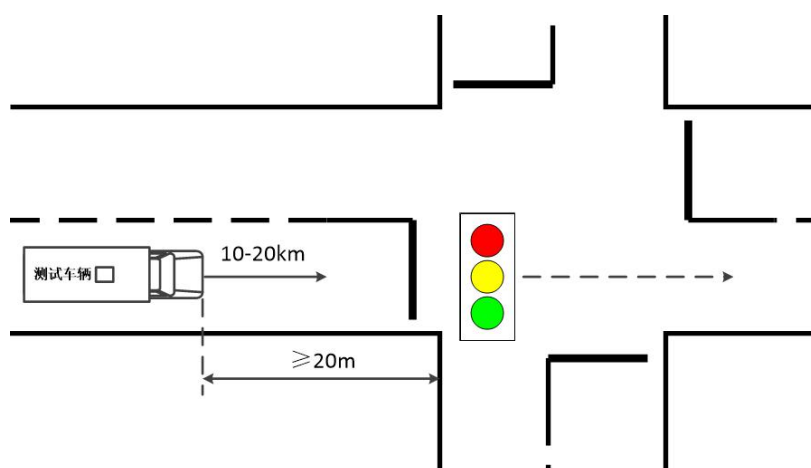


图 3 交通信号灯路口通行示意图

7.10.1.2 无交通信号灯路口通行

测试场景为城市道路,可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。测试工况如下:

a) 工况1: 右方先行

测试车辆在自动驾驶模式下,以10~20km/h的车速驶向路口。背景车辆以5~10km/h的车速自测试车辆右方路口直行。

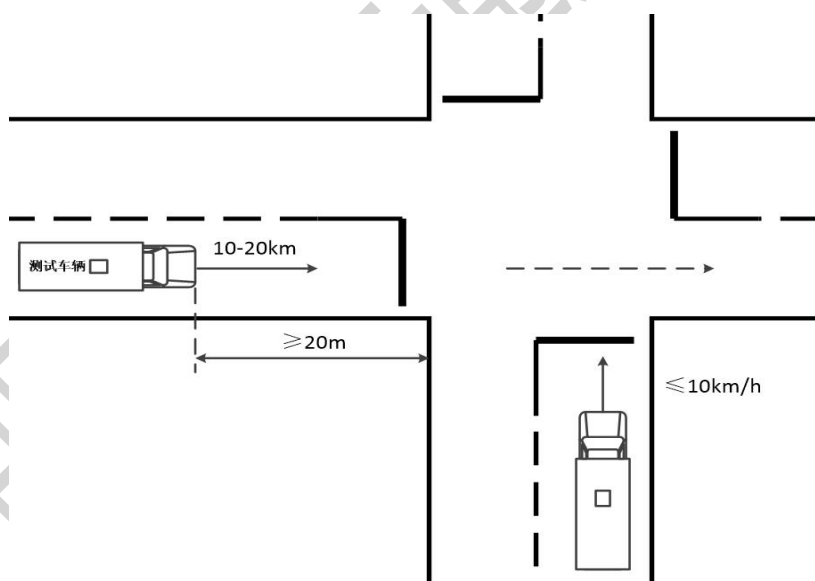


图 4 无交通信号灯路口右方先行示意图

b) 工况2: 直行先行

测试车辆在自动驾驶模式下,以10~20km/h的车速驶向路口。背景车辆以5~10km/h的车速自测试车辆左方路口直行。

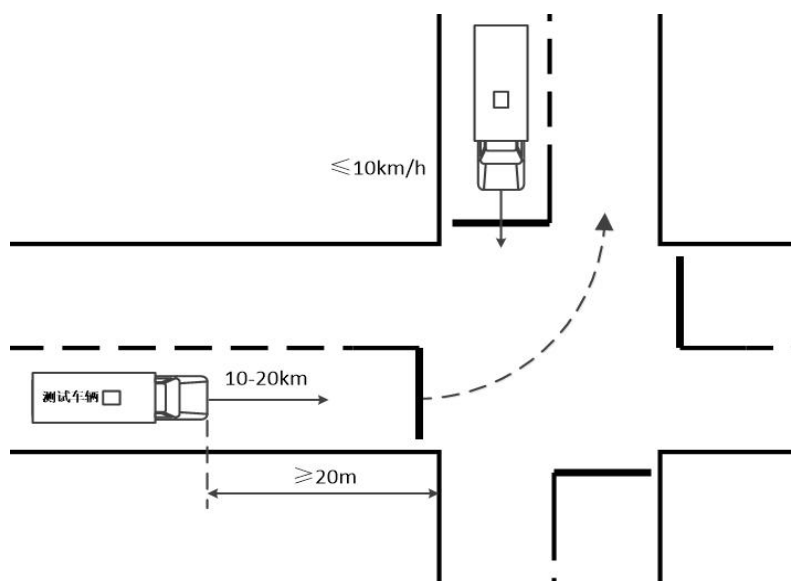


图 5 无交通信号灯路口直行先行示意图

7.10.2 评价标准

测试车辆能够按照交通信号灯、车辆先行原则，正确的通过交叉路口，不能与背景车辆发生碰撞。

7.11 环形路口通行测试

7.11.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，自环形路口20m外以10~20km/h的车速驶向环岛，两辆背景车辆以5~10km/h的车速在环岛内行驶。测试场景为城市道路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

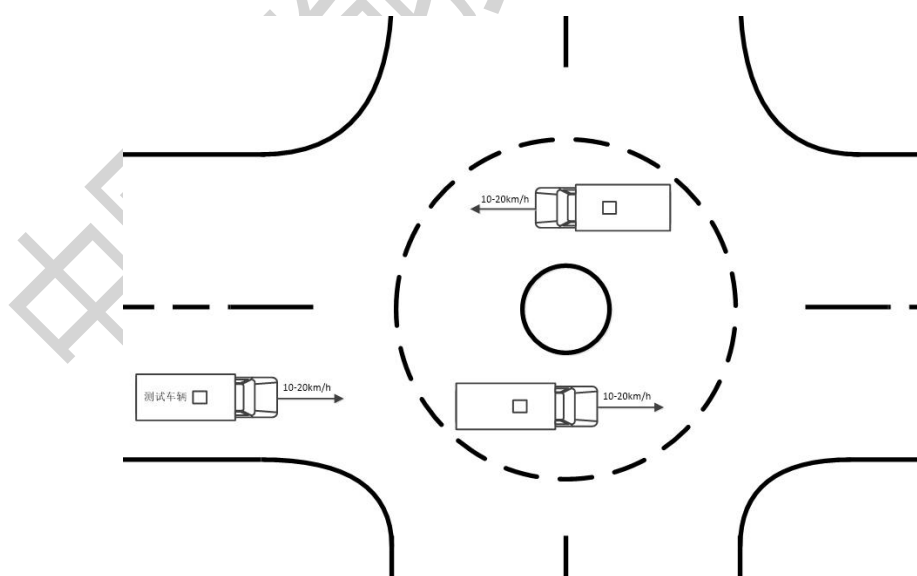


图 6 环形路口通行示意图

7.11.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下正确开关转向灯通过环形路口,全程不得与环岛内背景车辆发生碰撞。

7.12 自动紧急制动测试

7.12.1 测试方法

测试场景为城市道路,可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。测试工况如下:

a) 工况1: 前车制动

测试车辆在自动驾驶模式下,与前方背景车辆保持TTC大于或等于3s,以不低于30km/h的车速跟车行驶3s后,前方背景车辆以 $4\sim 6\text{m/s}^2$ 的制动减速度刹停。

b) 工况2: 行人横穿

测试车辆在自动驾驶模式下,以不低于30km/h的车速沿测试车道行驶,模拟行人在与测试车辆相距20~30m时,以3~5km/h的速度横穿马路。

7.12.2 评价标准

测试车辆能够在无人工干预情况下完成紧急制动,测试车辆与前方背景车辆以及行人最小距离不得低于0.5m。

7.13 人工操作接管测试

7.13.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下,以不低于30km/h的车速正常行驶,测试人员通过机械式开关快速退出自动驾驶功能,转换为人工驾驶模式。测试场景为城市道路或高速公路,可通过人工方式或车载数据采集设备记录数据。

7.13.2 评价标准

测试车辆能够在测试人员触发机械式开关1s内,由自动驾驶模式转换为人工驾驶模式。

7.14 联网通信测试

7.14.1 测试方法

联网通信测试应在多种场景下进行测试,以下以3种工况为例进行说明。测试道路为双向两车道的长直路段和双向两车道的十字交叉路口,测试车辆和背景车辆对向行驶,保证至少300m的有效测试车距。联网通信过程中单次发送信息包的大小 $\leq 300\text{Bytes}$,频率为10Hz。

测试工况如下:

a) 工况1: 长直路段车车通讯

测试车辆在自动驾驶模式下,开启联网通讯功能,测试车辆和背景车辆均以30km/h对向匀速行驶,两车车载单元终端分别对对方车辆连续发送信息包。车辆进入测试状态后,记录测试车辆、目标车辆的收发日志,对两车距离从300m到相遇之间的信息包递交成功率进行统计。

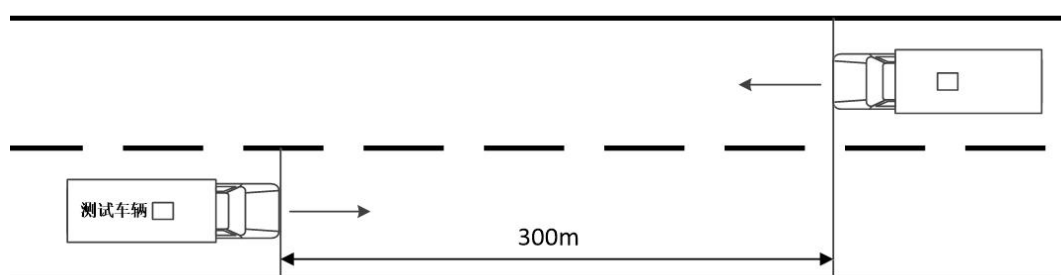


图 7 长直路段车车通讯示意图

b) 工况2：长直路段车路通讯

测试车辆在自动驾驶模式下，开启联网通讯功能，测试车辆以60km/h的速度匀速驶向路侧设备，路侧单元向测试车辆连续发送广播信息。车辆进入测试状态后，记录测试车辆、路侧设备的收发日志，直至测试车辆行驶至路侧设备为止，统计测试车辆收取广播信息成功率。

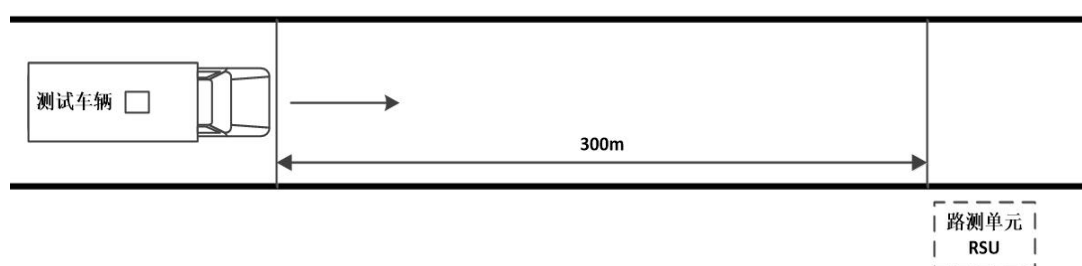


图 8 长直路段车路通讯示意图

c) 工况3：十字交叉路口车车通讯

测试车辆在自动驾驶模式下，开启联网通讯功能，测试车辆和背景车辆均以15km/h的速度驶向十字路口，测试车辆和背景车辆分别向对方车辆连续发送信息包。车辆进入测试状态后，记录两车分别行驶50m时的收发日志。两车到达停车线后，统计两车信息包递交成功率。

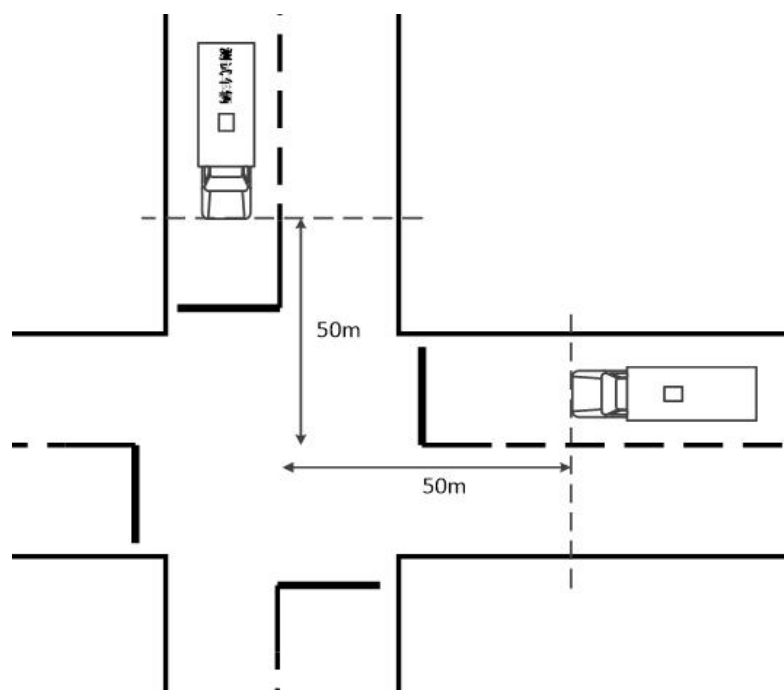


图 9 十字交叉路口车车通讯示意图

7.14.2 评价标准

测试车辆、背景车辆信息包递交成功率都不低于 90%，测试车辆收取广播信息成功率不低于 90%，最大时延不超过100ms。

7.15 隧道通行测试

7.15.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，自隧道入口30m外，以20~30km/h的车速沿当前车道行驶，进入并驶出隧道。测试场景为城市道路或高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.15.2 评价标准

测试车辆能够正确开关前大灯，在隧道中行驶全过程不得碾压车道线。

7.16 高速匝道通行测试

7.16.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，自距离高速场景匝道口200m外，以不低于60km/h的速度驶向匝道。测试场景为高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

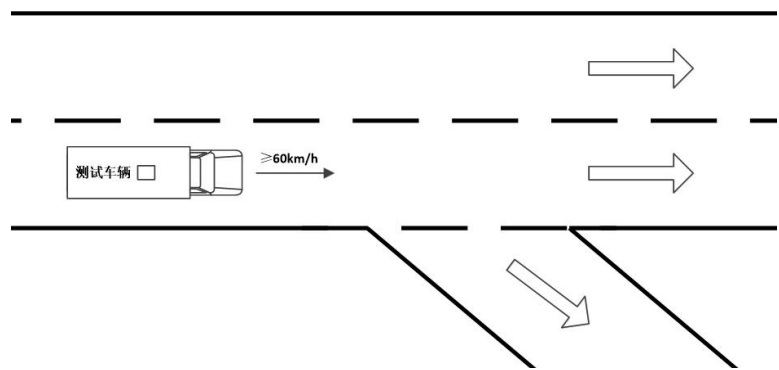


图 10 高速匝道通行示意图

7.16.2 评价标准

测试车辆能够正确开关转向灯，以正确车速安全驶离高速场景，全程不得碾压实线。

7.17 收费站通行测试

7.17.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，自收费站道闸30m外，以10~20km/h的车速驶向收费站。测试场景为高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

7.17.2 评价标准

测试车辆能够以稳定车速通过收费站，不得与收费站设施发生触碰。

7.18 车辆编队行驶测试

7.18.1 测试方法

测试道路为至少包含两条车道的长直道，测试车队由3辆测试车辆组成，车辆1为人工驾驶模式，车辆2、车辆3为自动驾驶模式，实现编队行驶。测试场景为高速公路，可通过人工方式或路侧数据采集设备记录数据。

测试工况如下：

a) 工况1：编队加速

车辆1从静止开始加速至60km/h并保持匀速行驶，车辆2和3随后启动，实现三辆测试车辆的编队行驶。

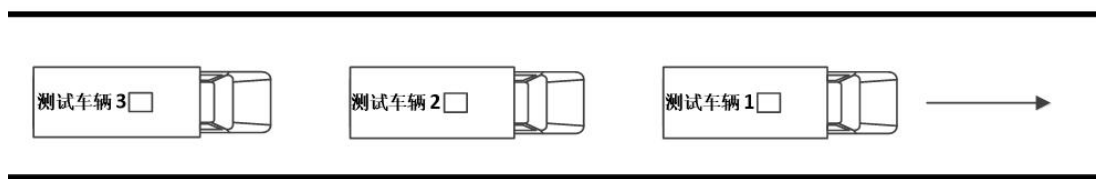


图 11 车辆编队加速/减速示意图

b) 工况2：编队减速

测试车辆处于编队行驶状态，并以60km/h的速度匀速行驶，车辆1开始制动减速至停车，制动减速度为 $2\text{m/s}^2 \sim 4\text{m/s}^2$ 。

c) 工况3：编队换道

测试车辆处于编队行驶状态，并以60km/h的速度匀速行驶，车辆1开始向邻近的车道变道，车辆2和车辆3跟随车辆1变道。

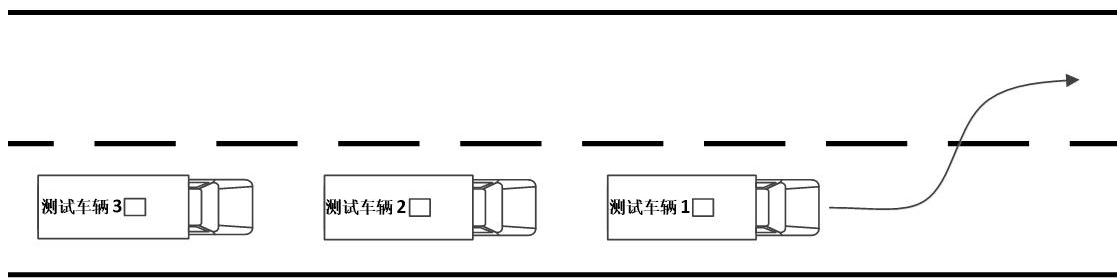


图 12 车辆编队换道行驶示意图

7.18.2 评价标准

三辆测试车辆应能实现编队行驶，测试车辆之间不能发生碰撞，两两车距应保持在设定距离的 $\pm 25\%$ ，车辆纵向保持TTC不大于1.5s。车队完成换道后，车辆2和车辆3相对于车辆1的横向距离偏移量不大于0.5m。

7.19 特殊天气行驶测试

7.19.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，在雾天或雨天完成7.1~7.18测试项目的测试。

7.19.2 评价标准

测试车辆能够正确使用车辆灯光、雨刮等装置，达到7.1~7.18测试项目相应的通过标准。

7.20 夜间行驶测试

7.20.1 测试方法

测试车辆在自动驾驶模式下，在夜间完成7.1~7.18测试项目的测试。

7.20.2 评价标准

测试车辆能够正确使用车辆灯光装置，达到7.1~7.18测试项目相应的通过标准。

中国智能交通产业联盟

中国智能交通产业联盟标准

自动驾驶商用汽车测试场建设及自动化测试规范

T/ITS 0101-2019

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>

2019 年 12 月第一版 2019 年 12 月第一次印刷