

团体标准

T/ITS 0182.2—2021

自动驾驶公交车

第2部分：自动驾驶功能测试方法与要求

Automated driving bus—
Part 2: Test methods and requirements of automated driving function

2021 - 12 - 31 发布

2022 - 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 自动驾驶能力要求.....	2
4.1 场地试验.....	2
4.2 道路试验.....	2
5 场地试验要求及方法.....	2
5.1 场地试验要求.....	2
5.2 封闭场地试验方法.....	4
6 道路试验要求及方法.....	21
6.1 道路试验要求.....	21
6.2 道路试验方法.....	24

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：北京百度智行科技有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、深圳市未来智能网联交通系统产业创新中心、同济大学、北京赛目科技有限公司、威马汽车科技集团有限公司、中兴通讯股份有限公司、中国信息通信研究院、湖南湘江智能科技创新中心有限公司、浙江吉利汽车有限公司、上海淞泓智能汽车科技有限公司、北京轻舟智航科技有限公司、上海国际汽车城集团有限公司、深圳元戎启行科技有限公司、宇通客车股份有限公司、山东高速集团有限公司创新研究院、山东高速信息集团、阳泉领航科技产业有限公司、山西省交通科技研发有限公司、舜泰汽车有限公司、长春工程学院、绍兴市城市建设投资集团有限公司、奥格科技股份有限公司。

本文件主要起草人：陈龙、贾元辉、王瑞东、彭伟、陈立言、张建宏、毕欣、李德海、薛晓卿、王艳华、陈晓、杨静、金晨、周俊杰、霍燕燕、张晓超、程周、路宏、沈理荣、唐瑶、任永利、刘勃、孙健、何鹏、朱敏、王孜健、李志杰、常玉涛、童星、乔斌亮、王赞、张军、吴宏涛、王磊、门玉琢、赵溢峰、王泉烈。

引 言

《自动驾驶公交车》为系列标准，包含《自动驾驶公交车 第1部分：车辆运营技术要求》和《自动驾驶公交车 第2部分：自动驾驶功能测试方法及要求》2个部分。本文件为第2部分。

本文件的制定充分参考了国内外相关产品的技术水平、应用场景以及测试经验，目的在于确立自动驾驶公交车为实现正常运营对车辆驾驶自动化能力的测试方法及要求。

中国智能交通产业联盟

自动驾驶公交车

第2部分：自动驾驶功能测试方法与要求

1 范围

本文件规定了自动驾驶公交车的自动驾驶能力要求、场地测试和道路测试要求及方法。

本文件适用于具备4级及以上驾驶自动化能力，提供载客运营服务的小型、中型和大型公共汽车。其他车型参照执行。

注：小型、中型和大型公共汽车引自JTT 888-2014。

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 3730.2 道路车辆质量词汇和代码

GB 5768 道路交通标志和标线

GB 7258 机动车运行安全技术条件

GB 14886 道路交通信号灯设置与安装规范

GB 14887 道路交通信号灯

JT/T 888 公共汽车类型划分及等级评定

JT/T 1094 营运客车安全技术条件

T/ITS 0182.1 自动驾驶公交车 第1部分：车辆运营技术要求

3 术语和定义

T/ITS 0182.1界定及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

场地测试 track test

在人为构建的道路环境和场景下进行的自动驾驶功能测试。

3.2

道路测试 road test

在实际道路交通环境下进行的自动驾驶功能测试。

3.3

测试车辆 vehicle under test; VUT

进行自动驾驶功能测试的车辆。

3.4

目标物 target object

用于构建测试场景的交通参与者及障碍物。

3.5

测试场景 testing scenario

车辆测试过程中所处道路、交通标志标线及目标物等要素及其状态的集合。

3.6

换道 lane changing

车辆从车轮首次触碰车道边线到全部车轮进入相邻车道的过程。

3.7

目标车辆 vehicle target; VT

用于构建试验场景的车辆。

3.8

预计碰撞时间 pre-collision time

试验车辆在预设行驶轨迹中保持当前行驶速度到达与目标物的预碰撞点所需要的时间。

4 自动驾驶能力要求

4.1 场地测试

测试车辆应按照5.2的方法进行表1中的场地项目测试，并满足通过要求。若车辆具有相应能力或使用环境涉及选测场景的，也应对相关项目进行测试，并满足通过要求。

4.2 道路测试

测试车辆在满足 4.1 要求的前提下，应按照第 6 章的要求进行实际道路测试，并满足通过要求。

5 场地测试要求及方法

5.1 场地测试要求

5.1.1 测试环境

5.1.1.1 测试场地路面应为具有良好附着能力的混凝土或沥青路面。

5.1.1.2 测试路面的交通标志及标线应清晰可见。

5.1.1.3 测试场景的搭建可根据测试车辆设计运行条件和测试场地所在地标志及标线特征进行适应性调整，但测试过程中所涉及的标志及标线均应符合 GB 5768 要求。

5.1.1.4 测试场电磁环境应不对测试结果产生明显影响。

5.1.1.5 测试时应天气良好且光照正常。若测试车辆设计运行条件包括雨、雪、雾和夜晚等特殊天气及光照条件，可参照进行相应的测试内容进行测试。

5.1.2 目标物

5.1.2.1 目标车辆和两轮车应为量产的普通乘用车、自行车或电动自行车，或采用表面特征参数能够代表上述车辆且适应传感器系统的柔性目标。

5.1.2.2 目标行人应为满足测试要求的成年和儿童假人。

5.1.3 测试设备

5.1.3.1 测试车辆及目标车辆运动状态采样和存储的频率应不低于 50 Hz。

5.1.3.2 视频采集设备分辨率应不小于(1920×1080)像素点。

5.1.3.3 测试车辆及目标车辆速度采集精度应不低于 0.1 km/h。

5.1.3.4 测试车辆及目标车辆横向和纵向位置采集精度应不低于 0.1 m。

5.1.3.5 测试车辆及目标车辆加速度采集精度应不低于 0.1 m/s²。

5.1.4 测试数据

测试数据应包含如下内容：

- a) 车辆控制模式；
- b) 测试车辆运动状态参数；
- c) 车辆位置信息；
- d) 车辆纵向速度；
- e) 车辆横向速度；
- f) 车辆纵向加速度；
- g) 车辆横向加速度；
- h) 车辆灯光和相关提示信息状态；
- i) 测试车内人机交互状态的视频及语音监控情况；
- j) 测试车辆行驶状态的视频信息；
- k) 目标物的位置及运动数据。

5.1.5 测试内容

车辆应按照表1测试场景进行测试，其中*为选测项目。

表 1 自动驾驶公交车场地测试场景

序号	能力类别	测试场景
1	交通标志标线的识别及响应	限速标志识别及响应
2		车道线的识别及响应
3		停车让行标志识别及响应
4	交通信号灯识别及响应	路口交通信号灯识别及响应
5		方向指示信号灯识别及响应
6	隧道	隧道行驶*
7	环形路口	环形路口通行
8	十字路口	无信号灯路口直行车辆冲突通行
9		无信号灯路口右转车辆冲突通行
10		无信号灯路口左转车辆冲突通行
11	障碍物	常规障碍物
12		静止车辆占用部分车道
13	弱势交通参与者和车辆交互	行人通过人行横道线
14		行人沿道路行走
15		自行车沿道路骑行
16		自行车横穿道路
17		前方车辆切入
18		前方车辆切出

表 1 自动驾驶公交车场地测试场景（续）

序号	能力类别	测试场景
19	前方有其他车辆	目标车辆停-走
20		跟车行驶前方存在车辆静止
21		前方车辆紧急制动
22	进站停车	定点停车
23		公交车港湾式进站
24		普通公交站台式进站
25	应对遮挡区域	应对遮挡区域
26	公交车道行驶	公交车道行驶
27	远程操控	远程操控*

5.2 封闭场地测试方法

5.2.1 限速标志的识别及响应

5.2.1.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，根据 V_{max} 在表2中选取相对应的限速及解除限速标志牌数值，标志牌间的距离至少为100 m。如图1所示。

表 2 限速标志选取参照表

V_{max} (km/h)	初始道路限速 (km/h)	限速标志数值 (km/h)	解除限速标志 (km/h)	恢复限速标志 (km/h)
$60 \leq V_{max} < 80$	60	40	40	60
$40 \leq V_{max} < 60$	40	30	30	40
$V_{max} \leq 40$	40	$V_{max} - 10$	$V_{max} - 10$	40

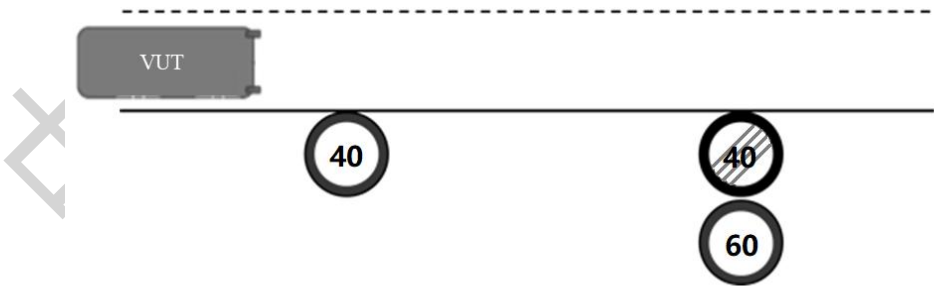


图 1 限速标志测试场景示意图

5.2.1.2 测试方法

测试车辆以不低于初始道路限速的75%的速度在长直道内驶向限速标志。

5.2.1.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆最前端超越限速标志时，速度应不高于限速标志所示速度。
- b) 在两个限速标志牌间行驶时，测试车辆的行驶速度应不低于该路段限速的75%。
- c) 通过解除限速标志牌后200 m时，测试车辆行驶速度应不低于该路段限速的75%。

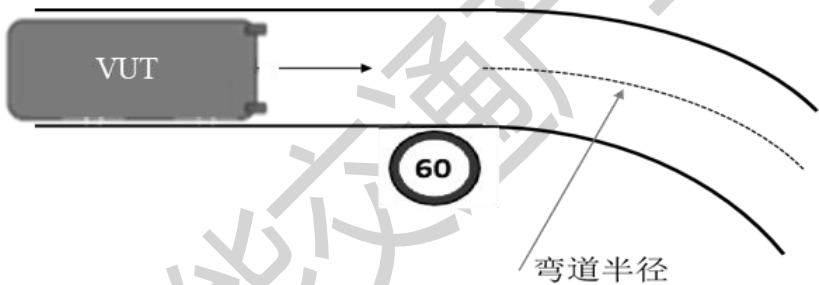
5.2.2 车道线的识别及响应

5.2.2.1 测试场景

测试道路为长直道和弯道的组合道路，弯道长度应不小于100 m。根据 V_{max} 在表3中选取对应的任一最小弯道半径值，其中最小弯道半径值为弯道中心到弯道上任一点距离的最小值，并设置相对应的限速标志牌。如图2所示。

表 3 弯道最小弯道半径对照表

V_{max} (km/h)	最小弯道半径值 (m)	限速要求 (km/h)
$V_{max} \geq 60$	200	60
$V_{max} < 60$	125	40
	60	20



注：最小弯道半径指弯道半径的最小值

图 2 车道线测试场景示意图

5.2.2.2 测试方法

测试车辆由长直道驶入弯道，接着驶出弯道。

5.2.2.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆车轮应不碾压车道边线；
- b) 弯道内全程车速应不低于限速标志所示速度的50%。

5.2.3 停车让行标志标线识别与响应

5.2.3.1 测试场景

测试道路为至少包含两条双向两车道的丁字路口，路口交叉处设置有停车让行标志牌和停车让行标线。如图3所示。

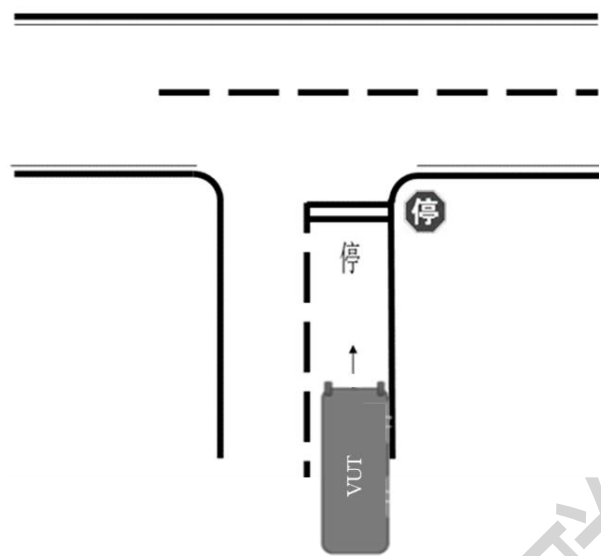


图 3 停车让行标志标线测试场景示意图

5.2.3.2 测试方法

测试车辆在车道内驶向停车让行线。

5.2.3.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应在停车让行线前停车；
- b) 最前端与停车让行线最小距离应不大于4 m，车辆静止时间应不超过5 s。

5.2.4 路口交通信号灯识别与响应

5.2.4.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道和路口，路口设置有人行横道和交通信号灯，该路段设置限速为40 km/h。如图4所示。

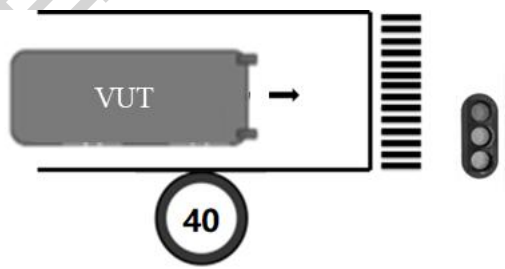


图 4 交通信号灯测试场景示意图

5.2.4.2 测试方法

测试车辆在车道内驶向路口。交通信号灯初始状态为绿色，随机调整为下列两种信号灯状态之一：

- 1) 信号灯保持绿色状态；
- 2) 信号灯在测试车辆最前端距离停止线40 m～45 m时信号灯由绿色变为黄色持续3 s后变为红色并持续30 s后变为绿色。

本场景应测试三次，上述两种信号灯状态应至少出现一次。

5.2.4.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 当进行测试方法中1)项状态测试时，测试车辆应通过路口且在通过过程中应不存在停止行驶的情况；
- b) 当进行测试方法中2)项状态测试时，测试车辆在红灯点亮后应停止于停车线前且车身任何部位不越过停止线，车辆最前端与停止线最小距离应不大于4 m；当信号灯变为绿色后，启动时间应不超过5 s。

5.2.5 方向指示信号灯识别与响应

5.2.5.1 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，交叉口道路转弯半径不小于15 m，路口设置包括直行、左转及右转的方向指示信号灯，该路段限速为40 km/h。如图5所示。

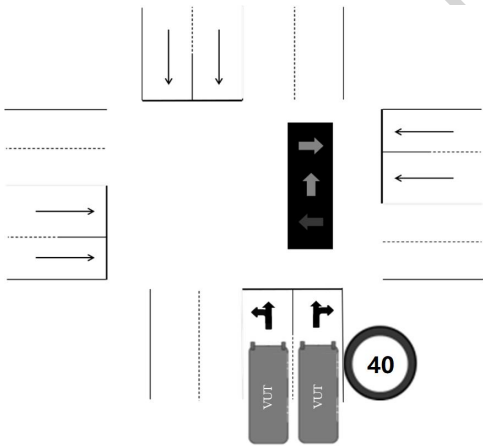


图5 方向指示信号灯测试场景示意图

5.2.5.2 测试方法

测试车辆在车道内驶向路口。方向指示信号灯初始状态为绿色，并随机调整为下列两种信号灯状态：

- 1) 信号灯保持绿色状态；
- 2) 信号灯在测试车辆最前端距离停止线40 m~45 m时信号灯由绿色变为黄色持续3 s后变为红色并持续30 s后变为绿色。

测试过程中，直行、左转及右转方向指示信号均应完成三次测试，且均应包含绿灯通行和红灯停止测试。

5.2.5.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 当进行测试方法中1)项状态测试时，测试车辆应通过路口并进入对应车道，在通过过程中不存在停止行驶的情况；
- b) 当进行测试方法中2)项状态测试时，测试车辆在红灯点亮后应停止于停车线前且车身任何部位不越过停止线，车辆最前端与停止线最小距离应不大于4 m。当信号灯变为绿色后，启动时间应不超过5 s。

5. 2. 6 隧道通行

5. 2. 6. 1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，路段内设置隧道，隧道长度应不小于100 m。如图6所示。



图 6 隧道通行测试场景示意图

5. 2. 6. 2 测试方法

测试车辆根据路径设定驶向隧道。

5. 2. 6. 3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 若不具备隧道内行驶能力，测试车辆在进入隧道前应发出超出设计运行范围的提示信息且不进入隧道区域；
- b) 若具备隧道内行驶能力，测试车辆应在通行过程中保持相同车道驶入并驶出隧道。

5. 2. 7 环形路口通行

5. 2. 7. 1 测试场景

测试场地为不低于3个出入口的环形路口，每个出入口至少为双向两车道。测试车辆入口上游存在1辆行驶的目标车辆，下游第1个入口存在1辆静止的目标车辆。如图7所示。

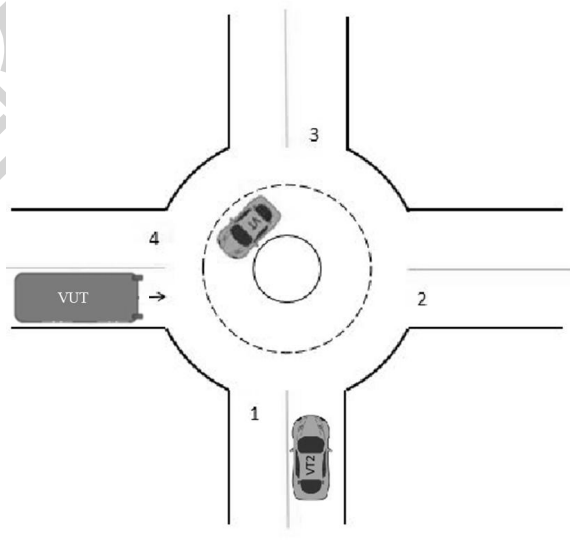


图 7 环形路口测试场景示意图

5.2.7.2 测试方法

测试车辆在车道内驶向环形路口，规划从出口2或出口3驶出环岛。当测试车辆到达环岛入口时，在入口上游存在以15 km/h的速度匀速行驶，计划从出口1驶出的目标车辆。

5.2.7.3 通过要求

- 测试通过要求如下：
- a) 正确使用转向信号灯；
 - b) 进入环岛行驶，并由正确出口驶出；
 - c) 不与目标车辆发生碰撞；
 - d) 不与路面基础设施发生碰撞；
 - e) 不受静止目标车辆的影响。

5.2.8 无信号灯路口直行车辆冲突通行

5.2.8.1 测试场景

测试道路为至少包含双向单车道的十字交叉路口。目标车辆从测试车辆右方横向直线驶入路口。两车存在碰撞风险。如图8所示。

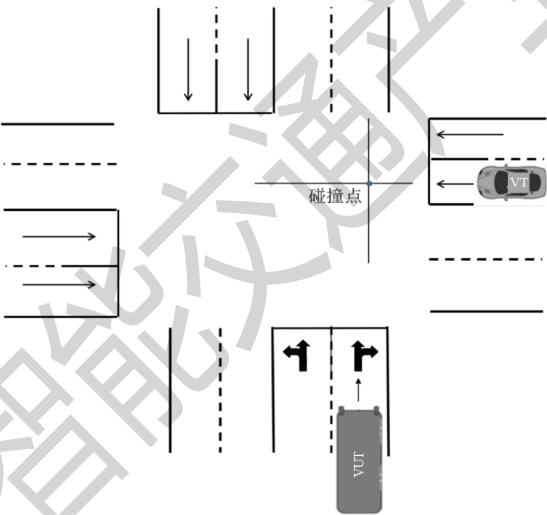


图8 直行车辆冲突通行测试场景示意图

5.2.8.2 测试方法

测试车辆沿标有直行和右转指示标线的车道直行通过该路口，当两车预计碰撞时间达到5.5 s~6.5 s时，目标车辆以20 km/h速度由测试车辆右侧匀速驶向路口。

5.2.8.3 通过要求

测试车辆应正确使用转向信号灯，驶入对应车道且不与目标车辆发生碰撞。

5.2.9 无信号灯路口右转车辆冲突通行

5.2.9.1 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，交叉路口转弯半径不小于15 m。目标车辆从测试车辆左方横向直线驶入路口。两车存在碰撞风险。如图9所示。

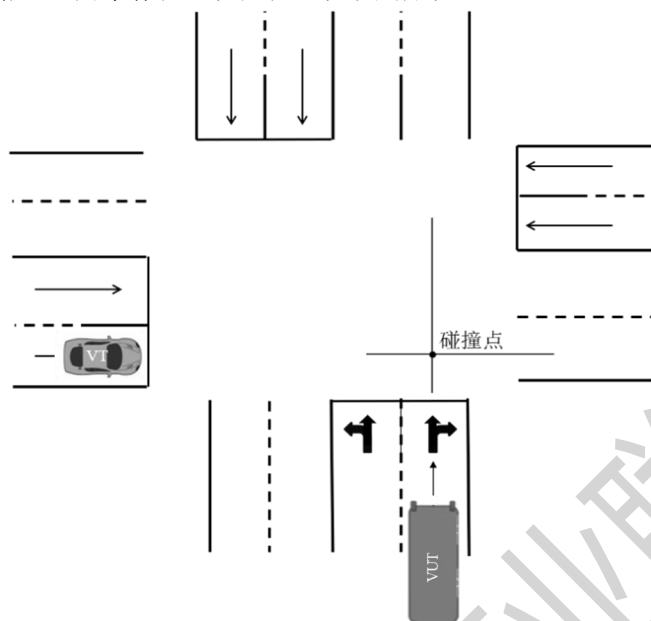


图9 右转车辆冲突通行测试场景示意图

5.2.9.2 测试方法

测试车辆沿标有直行和右转指示标线的车道右转，当两车预计碰撞时间达到5.5 s~6.5 s时，目标车辆以20 km/h速度匀速驶向路口。

5.2.9.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应正确使用转向信号灯；
- b) 测试车辆驶入对应车道且不与目标车辆发生碰撞。

5.2.10 无信号灯路口左转车辆冲突通行

5.2.10.1 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，交叉路口转弯半径不小于15 m。目标车辆从对向车道直线驶入路口。如图10所示。

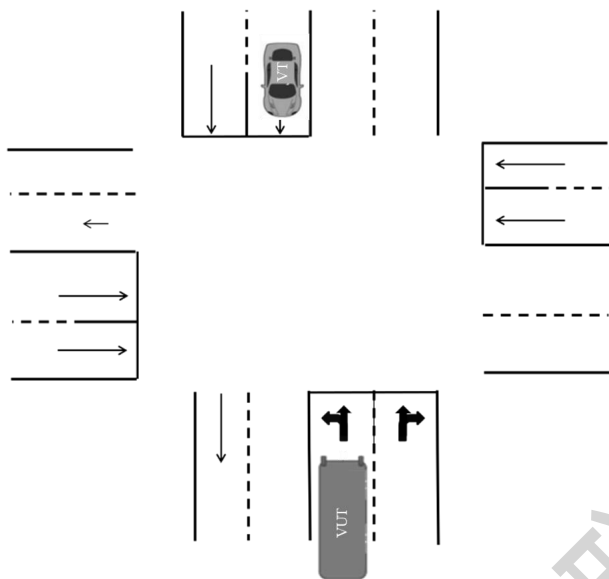


图 10 左转车辆冲突通行测试场景示意图

5.2.10.2 测试方法

测试车辆在车道内沿标有直行和左转指示标线的车道左转行驶通过该路口,当两车预计碰撞时间达到5.5 s~6.5 s时,目标车辆以20 km/h速度匀速驶向路口。

5.2.10.3 通过要求

- 测试通过要求如下:
- a) 测试车辆应正确使用转向信号灯;
 - b) 测试车辆应驶入对应车道且不与目标车辆发生碰撞。

5.2.11 常规障碍物

5.2.11.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道,中间车道线为白色虚线,在车道内有道路养护施工作业摆放的锥形交通标志。锥桶高度应不低于500 mm。如图11所示。

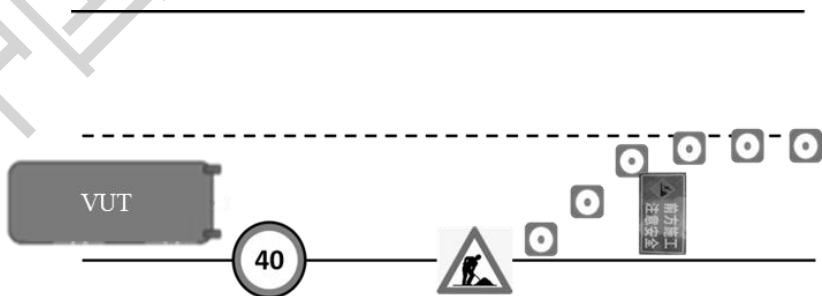


图 11 常规障碍物场景示意图

5.2.11.2 测试方法

测试车辆在施工车道内驶向前方障碍物。

5.2.11.3 通过要求

测试车辆应采用变更车道绕行方式通过，且不得与障碍物碰撞。

5.2.12 静止车辆占用部分车道

5.2.12.1 测试场景

测试道路为包含两条行车道的长直道，中间车道线为白色虚线。在右侧车道存在静止目标车辆且目标车辆占用测试车辆行驶车道横向距离为1 m~1.2 m，目标车辆与中间车道线夹角不大于30°。如图12所示。

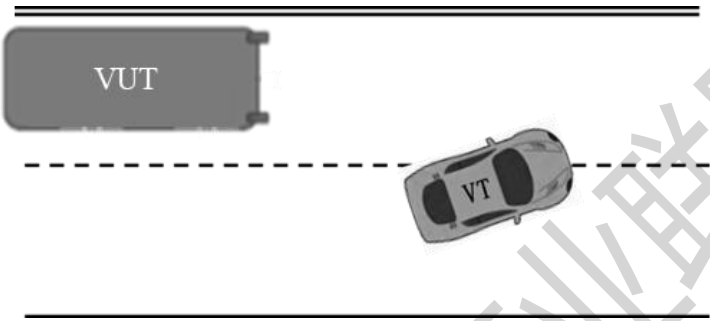


图 12 静止车辆占用部分车道场景示意图

5.2.12.2 测试方法

测试车辆于车道内驶向目标车辆方向。

5.2.12.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 若测试车辆采取绕行目标车辆的方式，测试车辆应不与目标车辆发生碰撞；
- b) 若测试车辆采取制动并停车的方式，测试车辆应不与目标车辆发生碰撞。

5.2.13 行人通过人行横道线

5.2.13.1 测试场景

测试道路为包含两条车道的长直道，并在路段内设置人行横道线、人行横道预告标志线及人行横道标志等相关标志和标线。路段限速为40 km/h。左侧车道外侧1 m内存在行人，行人沿人行横道穿过测试道路。如图13所示。

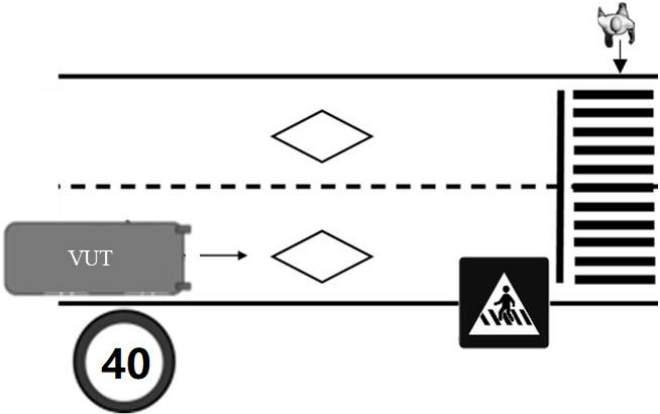


图 13 人行横道线行人横穿道路场景示意图

5.2.13.2 测试方法

测试车辆在最右侧车道内驶向路口。行人初始位置在人行横道线外，当两车预计碰撞时间达到4.5 s~5.5 s时，行人以5 km/h~6.5 km/h的速度穿过人行横道。

本场景应测试三次，目标行人应至少包括成年假人和儿童假人。

5.2.13.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应不与行人发生碰撞；
- b) 若测试车辆停止，待行人通过人行横道后，启动时间应不大于5 s。

5.2.14 行人沿道路行走

5.2.14.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线，测试车辆所在车道前方有行人沿道路行驶。如图14所示。

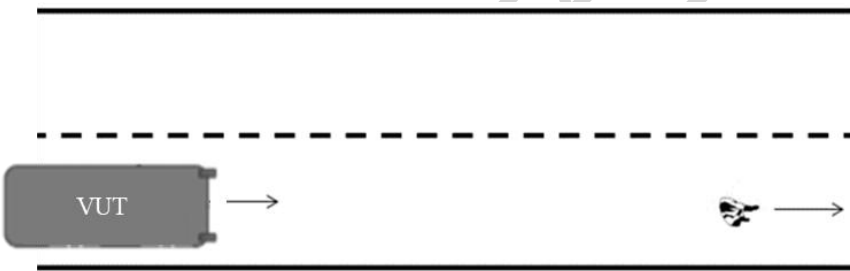


图 14 行人沿道路行走场景示意图

5.2.14.2 测试方法

测试车辆在右侧车道内行驶。行人在距离本车道右侧车道线内侧1 m~2.5 m范围内行走，速度为5 km/h~6.5 km/h。

应重复进行三次测试，目标行人应包括成年假人和儿童假人。

5.2.14.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应采用绕行方式通过；
- b) 测试过程中测试车辆应不与行人发生碰撞。

5.2.15 自行车沿道路骑行

5.2.15.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为虚线。测试车辆与自行车在同车道内同向行驶。如图15所示。若测试车辆最高设计运行速度小于20 km/h时，无需进行该测试项目。

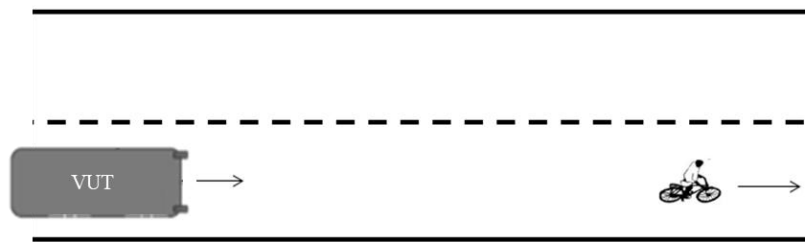


图 15 自行车沿道路骑行场景示意图

5.2.15.2 测试方法

测试方法如下：

- a) 测试车辆于右侧车道内行驶；
- b) 自行车沿测试车辆所在车道右侧车道线内侧 1 m~2.5 m 范围内跟车同向骑行；
- c) 自行车行驶速度为 10 km/h~20 km/h。

5.2.15.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应采用绕行方式通过该场景；
- b) 完成绕行过程中应不与行人发生碰撞。

5.2.16 自行车横穿道路

5.2.16.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线，若 V_{max} 大于等于60 km/h，则该路段限速60 km/h，若 V_{max} 小于60 km/h，则该路段限速40 km/h。自行车横穿道路。如图16所示。

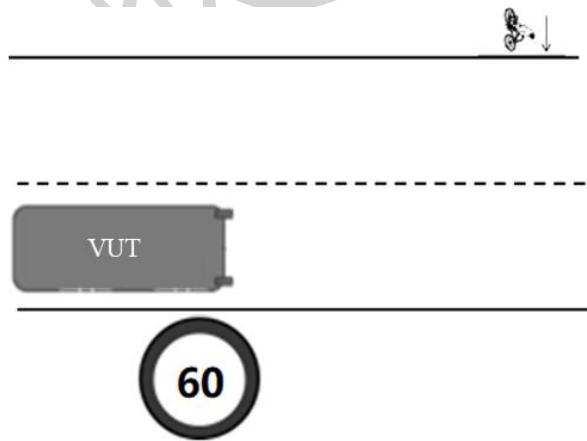


图 16 自行车横穿道路测试场景示意图

5.2.16.2 测试方法

测试方法如下：

- a) 测试车辆在最右侧车道内行驶；
- b) 当测试车辆和自行车预计碰撞时间达到 4.5 s~5.5 s 时，自行车横穿道路，并在测试车辆所在车道中间停止，等到车辆静止后自行车继续通过该道路；
- c) 自行车行驶速度为 14 km/h~16 km/h。

5.2.16.3 通过要求

测试车辆应不与自行车发生碰撞。

5.2.17 前方车辆切入

5.2.17.1 测试场景

测试道路为包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线。测试车辆在最左侧车道内匀速行驶，目标车辆自相邻车道切入测试车辆的车道，两车存在碰撞风险。如图17所示。

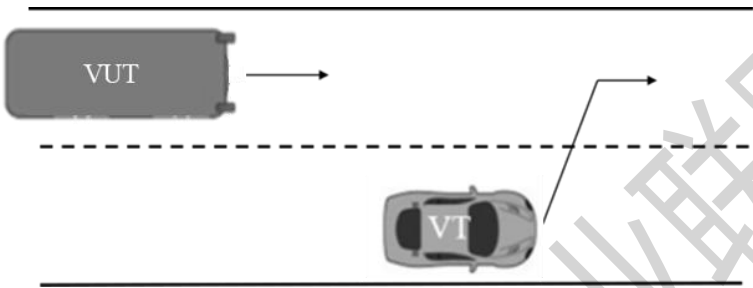


图 17 前方车辆切入测试场景示意图

5.2.17.2 测试方法

测试车辆于左侧车道内行驶，目标车辆在相邻车道以 V_{max} 的50%速度行驶。当测试车辆达到 V_{max} 的85%以上且两车预计碰撞时间达到3 s~4 s，目标车辆开始切入左侧车道并完成换道，完成换道时间不大于3 s，并恢复换道前车速。

5.2.17.3 测试通过要求

测试车辆应不与目标车辆发生碰撞。

5.2.18 前方车辆切出

5.2.18.1 测试场景

测试道路为包含两条车道的长直道，两车道均存在目标车辆，目标车辆以 V_{max} 的50%速度匀速行驶，测试路段限速大于目标车辆行驶速度。如图18所示。

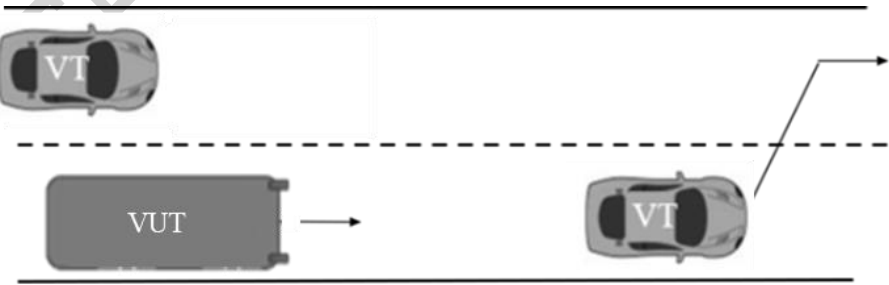


图 18 前方车辆切出测试场景示意图

5.2.18.2 测试方法

测试车辆在右侧车道驶向同车道目标车辆。当测试车辆稳定跟随目标车辆后，目标车辆开始换道并入相邻车道，完成换道时间不大于3 s。相邻车道目标车辆在本车道目标车辆换道开始前保持在测试车辆后端3 m以内行驶。

5.2.18.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应不与目标车辆发生碰撞；
- b) 目标车辆切出后，测试车辆应执行加速动作。

5.2.19 目标车辆停-走

5.2.19.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线；测试道路内存在以 V_{max} 的75%匀速行驶目标车辆。如图19所示。

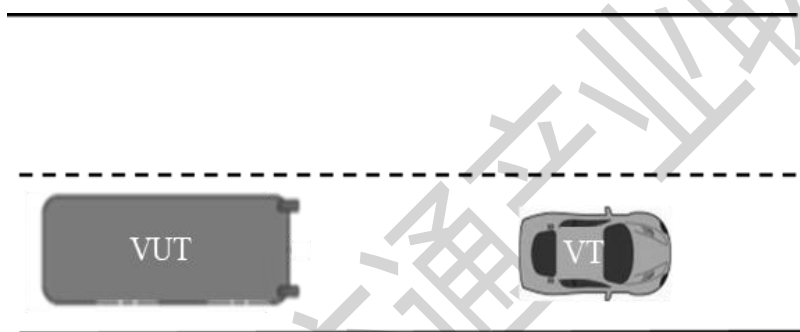


图 19 目标车辆停-走测试场景示意图

5.2.19.2 测试方法

测试车辆稳定跟随前方行驶的目标车辆。目标车辆以 $2\text{ m/s}^2 \sim 3\text{ m/s}^2$ 的减速度减速至停止，然后重新启动并于2 s内速度达到10 km/h。

5.2.19.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆若具备换道行驶能力，应完成换道并超越目标车辆，且不与目标车辆发生碰撞；
- b) 测试车辆若不具备换道行驶能力，应跟随目标车辆减速至停止，且不与目标车辆发生碰撞。目标车辆启动后，测试车辆的启动时间应不大于5 s。

5.2.20 跟车行驶前方存在车辆静止

5.2.20.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为白色虚线。相同车道内存在两辆目标车辆，其中VT1以预设速度驶向静止状态VT2，两辆目标车辆的中心线偏差不超过0.5 m。如图20所示。

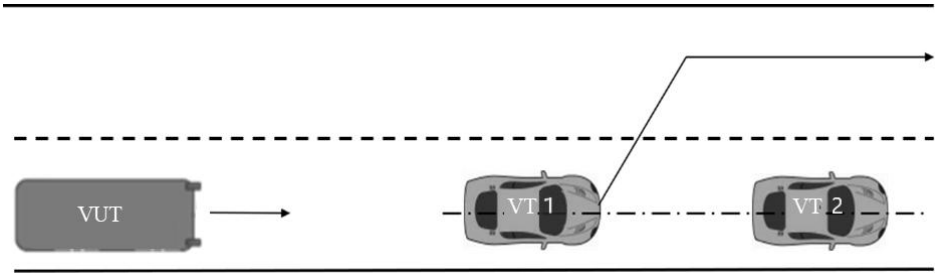


图 20 前方静止车辆场景示意图

5.2.20.2 测试方法

测试车辆稳定跟随VT1在相同车道内行驶，当VT1距离VT2预碰撞时间在预设时间后1 s内执行换道动作驶入相邻车道，完成换道时间不大于3 s。预设速度及预设时间如表4所示。

表 4 切出预设速度/时间对照表

V_{max} (km/h)	预设速度 (km/h)	预设时间 (s)
$60 < V_{max} \leq 80$	40	4
$V_{max} \leq 60$	$V_{max} - 20$	4

5.2.20.3 通过要求

测试车辆应不与目标车辆发生碰撞。

5.2.21 前方车辆紧急制动

5.2.21.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道且两侧车道线为实线。车道内存在以 V_{max} 的75%匀速行驶的目标车辆。如图21所示。

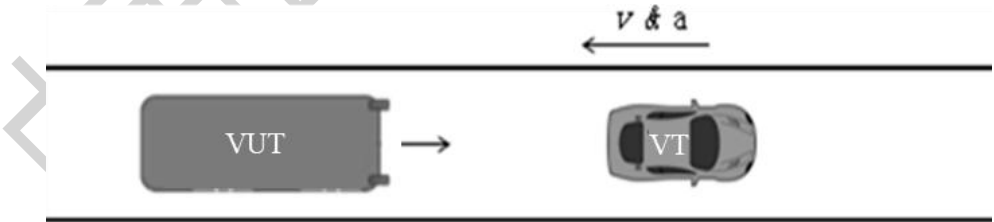


图 21 目标车辆紧急制动场景示意图

5.2.21.2 测试方法

测试车辆稳定跟随前方行驶的目标车辆。目标车辆1 s内减速度达到 6 m/s^2 并减速至停止。

5.2.21.3 通过要求

测试车辆应不与目标车辆发生碰撞。

5.2.22 定点停车

5.2.22.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道线为虚线，路边存在停车点。如图22所示。

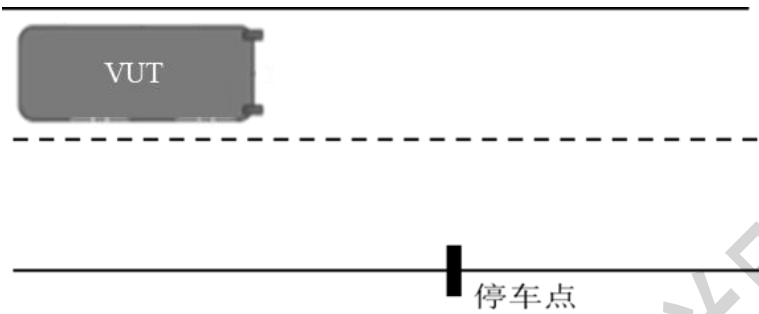


图 22 最右车道内靠边停车场景示意图

5.2.22.2 测试方法

测试车辆在最左侧车道内行驶向指定位置停车点。

5.2.22.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应不出现倒车动作；
- b) 右侧距离车道内侧最大距离应不大于0.3 m；
- c) 车头距离停车点最近距离应不大于10 m。

5.2.23 公交车港湾式进站

5.2.23.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，路段内设置港湾式公交站，站台长度不小于25 m，设置上客和下客区域。如图23所示。

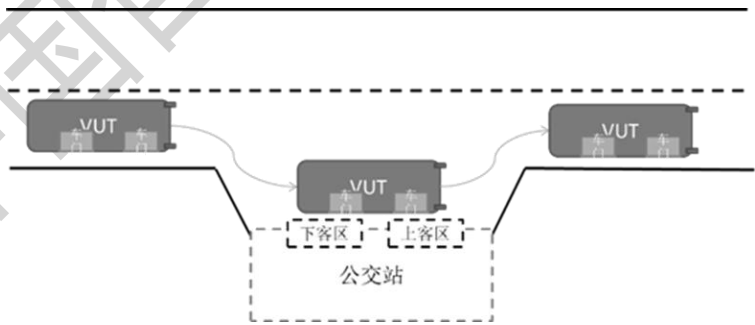


图 23 公交车港湾式进出站测试场景示意图

5.2.23.2 测试方法

测试车辆沿最右侧车道驶向公交站点，并停靠站点。

5.2.23.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应一次性进入公交站并完成停靠，无倒车调整情况，并保证车门与站台上、下客区域的对应；
- b) 测试车辆右侧距离车道内侧最大距离应不大于0.2 m；
- c) 测试车辆应在静止后3 s内开启站台同侧车门。

5.2.24 普通公交站台式进站

5.2.24.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，路段内设置公交站，设置上客和下客区域。如图24所示。

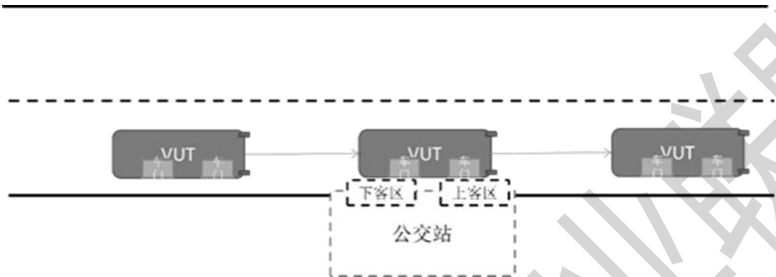


图 24 公交车进出站测试场景示意图

5.2.24.2 测试方法

测试车辆驶向公交站，并停靠站点。

5.2.24.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应一次性进入公交站并完成停靠，无倒车调整情况，并保证车门与站台上、下客区域的对应；
- b) 测试车辆右侧距离车道内侧最大距离应不大于0.2 m；
- c) 测试车辆应在静止后3 s内开启站台同侧车门。

5.2.25 应对遮挡区域

5.2.25.1 测试场景

测试道路为至少两条车道的长直道，路段内设置公交站，公交车站有目标公交车停靠，在公交车前方存在行人穿行。如图25所示。

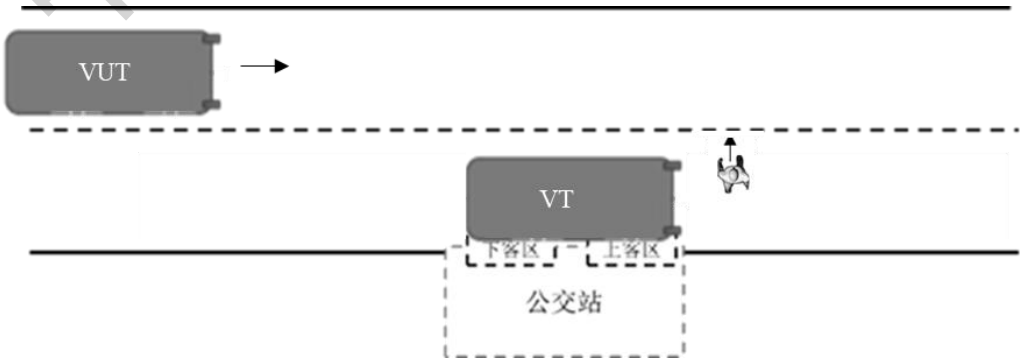


图 25 应对遮挡区域测试场景示意图

5.2.25.2 测试方法

测试车辆在目标公交车所在车道的相邻车道行驶，初始速度为 V_{max} 。目标车中心线与所在车道中心线重合，车辆宽度不小于2 m，长度不小于6 m，高度不低于2 m。行人距目标车前方2 m，初始时行人轮廓与目标车外边缘平齐。当测试车辆首次达到与行人的预计碰撞时间达到4 s~5 s时，行人启动并以1.5 m/s的匀速穿行。

5.2.25.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应与行人发生碰撞；
- b) 测试车辆最大减速度应不大于 6 m/s^2 。

5.2.26 公交车道行驶

5.2.26.1 测试场景

测试道路为至少两条车道的长直道，路段内设置公交车道，公交车初始所在车道为非公交车道，公交车前存在慢速行驶的目标车辆。如图26所示。



图 26 公交车道行驶示意图

5.2.26.2 测试方法

目标车辆以 V_{max} 的50%速度匀速行驶。测试车辆沿同车道从后方驶向目标车辆。

5.2.26.3 通过要求

测试车辆应完成换道并超越目标车辆或跟随目标车辆行驶，且不与目标车辆发生碰撞。

5.2.27 远程操控*

5.2.27.1 测试场景

测试道路为至少包含两条车道的长直道，车道间为双实线，在测试车辆行驶车道上设置均匀布置3个交通锥。交通锥高度不低于500 mm，间隔为1 m。如图27所示。

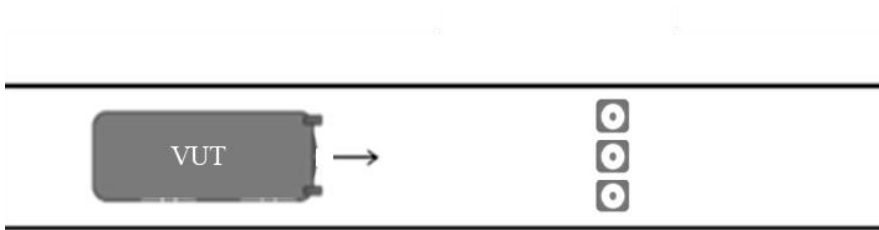


图 27 公交车进出站（无需换道）测试场景示意图

5.2.27.2 测试方法

测试车辆驶向车道前方交通锥路标。

5.2.27.3 通过要求

测试通过要求如下：

- a) 测试车辆应制动并停止在交通路标前，且不与其发生碰撞；
- b) 测试车辆停止后应在5 s内发出远程操控请求；
- c) 操作人员可通过远程方式操控接管车辆，并绕行通过交通路标。车辆被接管后，自动驾驶系统不应自主恢复车辆控制权限。

6 道路测试要求及方法

6.1 道路测试要求

6.1.1 测试道路

- 6.1.1.1 测试道路评价中测试道路的选择需要满足自动驾驶测试连贯性。
- 6.1.1.2 测试道路配套设施设置应符合 GB 5768、GB 14886 及 GB 14887 的相关要求。
- 6.1.1.3 自动驾驶汽车在城市道路进行实际道路测试时，所选择的测试道路应具备城市道路行驶区域应具备表 5 所示全部关键道路要素。

表 5 城市道路区域关键道路要素

一级要素	二级要素	三级要素	要素要求
道路形态	平面	直道	/
		最小弯道半径	60 m~400 m
	横断面	机动车非机动车隔离带	/
		中央分隔，无行人非机动车	/
	纵断面	坡道	3%~6%
	十字路口	有信号灯十字路口	/
		无信号灯十字路口	/
	环形路口	/	/
	桥梁	/	/
	涵洞	/	/
	隧道	最小长度	100 m

表5 城市道路区域关键道路要素（续）

一级要素	二级要素	三级要素	要素要求
道路路面	路面状态	路面损坏状况指数 PCI	大于 70
		路面行驶质量指数 RQI	大于 70
车道	车道类型	机动车道	/
		非机动车道	/
		公交车道	/
		其他专用车道	/
	车道数	同向双车道	/
		同向多车道 (>2)	/
交通设施	交通安全设施	交通标志	固定标志-限速
			固定标志-禁行
			固定标志-禁止停车
			变化标志
		交通标线	人行横道
			虚线
			实线
			虚实线
			潮汐车道线
		护栏	/
		警示障碍物	锥形桶/警示标志
		隔离栅	/
	交通服务设施	公交车站	港湾式公交站台
			普通公交站台
交通运行状态	低密度	测试道路的交通密度为道路实际交通流量 (v/min: 车辆/分钟)/道路设计最大交通能力 (v/min)	小于等于 0.3
	中密度		大于 0.3 且小于等于 0.6
	高密度		大于 0.6 且小于等于 0.8
	拥堵		大于 0.8
光照	光照度	差	小于 50 lux
	光照方向	太阳光照在前侧	/
			/
	光照来源	路灯	/
		无路灯	/
		对向车灯	/

6.1.2 车辆条件

6.1.2.1 测试车辆应满足如下载荷要求：

- 测试车辆质量在整车整备质量加上最大允许装载质量的 50%状态下进行测试，质量的描述应符合 GB/T 3730.2 的要求；
- 测试过程中不调整车辆载荷。

6.1.2.2 测试过程中不变更自动驾驶相关的硬件配置。

6.1.2.3 测试过程中不进行软件版本以及配置变更。

6.1.3 测试人员及设备

6.1.3.1 测试人员

测试过程中，测试人员应依据测试过程情况，判定车辆是否满足测试通过要求。若不满足要求则需通过测试设备记录测试车辆不满足要求。

6.1.3.2 测试设备

6.1.3.2.1 一般要求

测试设备应满足测试人员记录下述信息：

- a) 最小风险控制提醒时间戳；
- b) 测试车辆不满足通过要求的原因。

6.1.3.2.2 测试记录内容要求

测试过程记录应包含如下内容：

- a) 测试车辆控制模式，例如手动控制模式、自动驾驶系统控制模式等；
- b) 所遇场景名称及前后 10 s 数据；
- c) 测试车辆周边的交通状态视频信息；
- d) 测试车辆运动状态参数：
 - 车辆位置信息；
 - 车辆纵向速度；
 - 车辆横向速度；
 - 车辆纵向加速度；
 - 车辆横向加速度；
 - 车辆横摆角速度。
- e) 测试人员及人机交互状态（测试人员面部、仪表盘、方向盘、中控屏等）的视频及语音监控信息；
- f) 测试里程及时长：
 - 车辆在不同道路行驶区域的测试里程；
 - 车辆在不同道路行驶区域的测试时长。

6.1.3.2.3 测试设备精度

测试设备应满足如下要求：

- a) 测试车辆及目标车辆运动状态采样和存储的频率至少为 50 Hz；
- b) 视频采集设备分辨率不小于 (1920×1080) 像素点；
- c) 测试车辆速度采集精度至少为 0.1 km/h；
- d) 测试车辆及目标车辆横向和纵向位置采集精度 0.1 m；
- e) 测试车辆及目标车辆加速度采集精度 0.1 m/s²。

6.1.3.2.4 测试设备的安装、运行应不影响测试车辆及其自动驾驶功能的正常运行。

6.1.4 测试周期及范围

6.1.4.1 测试时长应满足如下要求：

- a) 若车辆可在全天 24 小时开启自动驾驶功能，则测试时长至少为 3 个独立且覆盖全天所有时段的 24 小时；
- b) 若车辆仅可在部分时段内开启，则测试时长至少为若干个独立且覆盖全部可开启时段的累计 72 小时。

6.2 道路测试方法

6.2.1 测试方法

测试人员启动测试车辆并沿测试道路行驶。

6.2.2 通过要求

6.2.2.1 系统激活与停用

6.2.2.1.1 车辆点火（上电）启动后（发动机自动启停除外），测试车辆应符合下列规定之一：

- a) 测试车辆自动驾驶功能应处于未激活状态；
- b) 符合车辆制造商声明的条件下，测试车辆自动驾驶功能可以自动处于就绪状态。

6.2.2.1.2 测试车辆自动驾驶功能处于“就绪”状态下，测试人员可通过制造商声明的专用操纵方式激活自动驾驶功能；测试车辆自动驾驶功能处于“未就绪”状态下，测试人员通过专用操纵方式不可激活自动驾驶功能。

6.2.2.2 执行动态驾驶任务

6.2.2.2.1 系统应持续执行动态驾驶任务，应不主动导致交通事故。

6.2.2.2.2 通过设备采集车辆行驶状态，应满足下列要求：

- a) 除试验人员身体原因和不可抗力因素外，试验过程中不发生干预；
- b) 车辆行驶期间，除换道情况外不碰轧“对向车道分界线”和“同向车道分界线”，无干扰情况下，不得碰轧“车道边缘线”；
- c) 若驻车等待，车辆轮廓不超越停止线停车；
- d) 车速不超过限制速度；
- e) 不占用应急车道行驶及停车；
- f) 不得以危险、不合理的方式超车及调头；
- g) 不违反交通信号灯指示信号行驶；
- h) 不违反道路交通标志行驶；
- i) 车辆需通过人行横道时应礼让行人、非机动车；
- j) 车辆应正确使用车辆照明及信号装置，包括但不限于近光灯、转向信号灯、制动灯、危险报警闪光灯、雾灯等；
- k) 若测试车辆应对紧急场景导致车辆处于静止状态，应在处于静止状态后的 5 s 内对外发出危险警告信号；
- l) 适应真实交通流，避免过长时间等待；
- m) 及时响应车辆周边道路障碍物或者相关交通设施；
- n) 及时响应可对本车行驶产生影响的其他交通参与者；
- o) 除与周边交通参与者、障碍物或者相关交通设施无法保持安全距离以及换道情况下，车辆稳定行驶于车道内；
- p) 非紧急情况下，速度变化不让人产生眩晕及其他不适症状；

q) 不得在非紧急情况下，实施紧急制动或紧急转向措施。

6.2.2.3 系统后援

测试车辆在测试过程中，如自动驾驶系统执行最小风险控制，应符合下列要求：

- a) 最小风险控制使车辆最终停止在目标停车区域内；
- b) 若系统运行状态的提示信号发生变化，该提示信号明显区分于其他系统提示信号；
- c) 车辆立即对外发出危险警告信号；
- d) 不主动导致交通事故；
- e) 车辆启动最小风险控制后，自动驾驶系统应禁用，并在车辆重新启动后方可重新激活。

6.2.2.4 测试车辆状态显示

测试车辆的状态显示符合如下要求。

- a) 系统未激活提示：
 - 系统处于关闭状态时，须有明显方式提示用户本车辆自动驾驶功能未打开；
 - 系统处于就绪状态时，车辆自动驾驶功能已处于打开状态且具备正常激活的条件，应至少有一种明确方式提示系统可被激活，如视觉文字指示等；
 - 系统处于未能成功激活的非就绪状态时，宜视觉提示典型的未激活原因类别，例如 ODD 不足的情况，可视觉提示用户操作车辆。
 - b) 系统激活和退出提示：
 - 系统由未激活状态进入激活状态时须进行明显的提示；
 - 系统由激活状态退出至未激活状态时须进行明显的提示。
 - c) 系统运行状态提示：
 - 系统激活进入正常工作状态，在用户直观可见的位置至少有视觉方式提示用户自动驾驶系统已正常工作；
 - 对于车上有用户的自动驾驶系统，正常激活状态下，若出现非危险工况下一定阈值范围内加速度或大幅度转向控制等可能影响乘坐舒适性的情况，可提前一定阈值时间提示车内人员。
 - d) 测试过程中若出现系统故障，须进行相应的提示；对于严重系统故障的情况，需通过包含视觉在内的三种明显提示方式进行持续提醒。
-

中国智能交通产业联盟

标准

自动驾驶公交车 第2部分：自动驾驶功能测试方法与要求

T/ITS 0182. 2—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