

团体标准

T/ITS 0238-XXXX

低速无人配送车功能测试规程

Function test procedure of low speed autonomous delivery vehicle

(征求意见稿)

本稿完成日期：2024年3月15日

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。

20**--**--**发布

20**--**--**实施

中国智能交通产业联盟 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 一般要求	2
5 感知与定位功能测试	3
6 决策与控制功能测试	12
7 配送与零售功能测试	18
参 考 文 献	21

中国智能交通产业联盟

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。

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：交通运输部公路科学研究所、北京车网科技发展有限公司、新石器慧通（北京）科技有限公司、北京三快在线科技有限公司、北方工业大学、清华大学、北京赛目科技股份有限公司、东风悦享科技有限公司

本文件主要起草人：李振华、刘砚玥、范青蓝、高兰达、孙宁、姜川、郑雪健、王运、张卓敏、谌仪、张一鹏、张为、殷其昊、张永军、吴梦怡、徐凌、甘泉、刘硕、杜轲、张阳、孙寒杰、李祖桥、王庞伟、袁泉、张思远、杨志伟、曹科、邵更生

低速无人配送车功能测试规程

1 范围

本文件规定了低速无人配送车在封闭测试场地内开展功能测试的通用要求，并针对低速无人配送车在城市环境内运行时可能涉及的场景，围绕感知、定位、决策、控制、配送和零售等六类功能，规定了每一类功能的测试场景和测试方法。

本文件适用于具备自动行驶功能的低速无人配送车在封闭场地内的功能性测试。

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 5768 道路交通标志和标线

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

GB 51038 城市道路交通标志和标线设置规范

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

GB/T 40429-2021 汽车驾驶自动化分级

GB/T 41798-2022 智能网联汽车自动驾驶功能场地试验方法及要求

T/ITS 0101-2019 自动驾驶商用汽车测试场建设及自动测试规范

T/ITS 0202-2021 低速无人配送车运行安全要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低速无人配送车 low-speed autonomous delivery vehicle

在非机动车道上运行的具备自动行驶功能、未设有驾驶舱、不提供载人服务的，运行在非机动车道上，支撑末端配送的车辆。

3.2

背景车 background vehicle

在测试过程中，用于模拟交通场景的背景车辆。

3.3

卫星定位干扰设备 GNSS positioning jamming device

能够在一定范围内生成卫星定位干扰信号的设备。

3.4

均方根误差 root mean square error, RMSE

均方根误差, 亦称标准误差。

3.5

平均绝对百分比误差 mean absolute percentage error, MAPE

为预测值与实际值之间的绝对误差转化为百分比的平均值。

4 一般要求

低速无人配送车测试从测试环境、测试车辆、测试设备及配套设施进行规定。

4.1 测试环境要求

4.1.1 道路环境要求

试验场地道路环境要求如下：

4.1.1.1 试验场地具有良好附着能力的混凝土或沥青路面。

4.1.1.2 交通标志和标线清晰, 且符合 GB 5768 及 GB 51038 的要求。

4.1.1.3 减速带: 满足 JT/T 713 的要求。

4.1.1.4 交通基础设施应符合 GB 14886、GB 14887、GB/T 24973 和 JTG/T D71 要求。

4.1.1.5 试验道路应包含机动车及非机动车道, 机动车车道宽度为 3.5m, 非机动车道宽度不小于 1.2 米且不大于 2.5 米。

4.1.1.6 具备试验车辆开启自动行驶模式所需的必要数据、设施条件。

4.1.2 气象条件

试验车辆应在天气良好且光照正常的环境下进行试验。若试验车辆需要在特殊天气或夜晚光线条件下进行试验, 应参考 GB/T 41798 附录 A。

4.1.3 电磁条件

除测试场景中明确要求测试电磁干扰能力的场景, 电磁环境不应应对试验结果产生明显影响。

4.2 测试车辆要求

测试车辆应符合 T/ITS 0202 中车辆安全要求, 在测试过程中应全程开启自动行驶模式。

4.3 测试设备要求

应满足GB/T 41798中条款4.2.2对测试设备的要求。

4.4 配套设施

测试场地应提供目标车辆、行人目标物和非机动车目标物等场地设施及测试工具。

4.4.1 目标车辆

目标车辆应具备一般加减速、换道和紧急制动等功能。

4.4.2 行人目标物

行人目标物外表应与真人具有相同的反射特征，同时应具备行走功能。

4.4.3 非机动车目标物

非机动车目标物外表应符合非机动车的外观特征，表面特征参数能够代表非机动车特性，同时应具备行驶功能。

5 感知与定位功能测试

5.1 感知功能测试

测试车辆具备对限速标志、限速取消标志、有使用时间限制的非机动车道、路侧停车位的非机动车道、禁停等标志标线识别，静态及动态交通信号灯的道路基础设施，特殊路面状况及交通参与者的识别能力，同时测试车辆应遵守交通规则并做出响应。

5.1.1 限速标志

5.1.1.1 测试场景

测试道路应选取直线路段，测试车辆应正确识别限速标识并做出正确响应动作，场景示意图见图1。



图1 限速标志感知识别场景示意图

5.1.1.2 测试方法

5.1.1.2.1 在直线道路设置起点和目的地，两点之间距离不少于 200 米。

5.1.1.2.2 限速标识设置在距离起点 150 米位置，试验车辆从起点向目的地直线行驶，测试车辆到达起点的速度不应低于 15km/h。

5.1.1.2.3 测试车辆应及时识别限速标识并根据标识降低自身速度到限速以下，抵达目的地。

5.1.1.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆能够识别限速标识，并在到达限速标识前将车速降至限速要求以下。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.2 解除限速标志

5.1.2.1 测试场景

测试道路应选取直线路段，测试车辆应正确识别限速标识，并做出正确响应，场景示意图见图2。

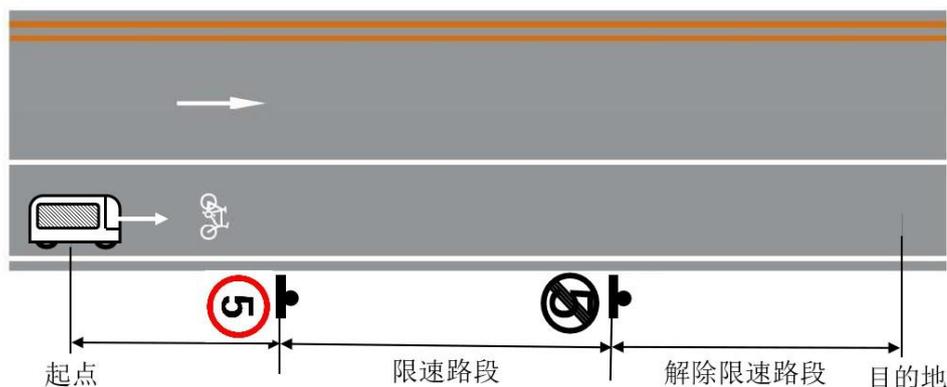


图2 限速取消标志感知识别场景示意图

5.1.2.2 测试方法

5.1.2.2.1 在直线路段设置起点和目的地，两点之间距离不少于 250 米。

5.1.2.2.2 限速标识设置在距离起点 150 米位置，限速取消标志距离目的地 50 米。

5.1.2.2.3 试验车辆从起点向目的地直线行驶，测试车辆到达起点的速度不应低于 15km/h。

5.1.2.2.4 测试车辆应及时识别限速标识并根据标识降低自身速度到限速以下，在识别限速解除标志后应能及时调整速度，恢复车速达到 15km/h，并抵达目的地。

5.1.2.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆能够识别限速解除标识，并及时调整车速，恢复车速至 15km/h。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.3 有使用时间限制的非机动车车道标志和标线识别

5.1.3.1 测试场景

测试车辆是否能够正确识别非机动车道使用时间限制标识，并做出正确响应。测试道路选取直线路段，场景示意图见图3。非机动车道使用时间辅助标志应符合GB 5768.7的要求。

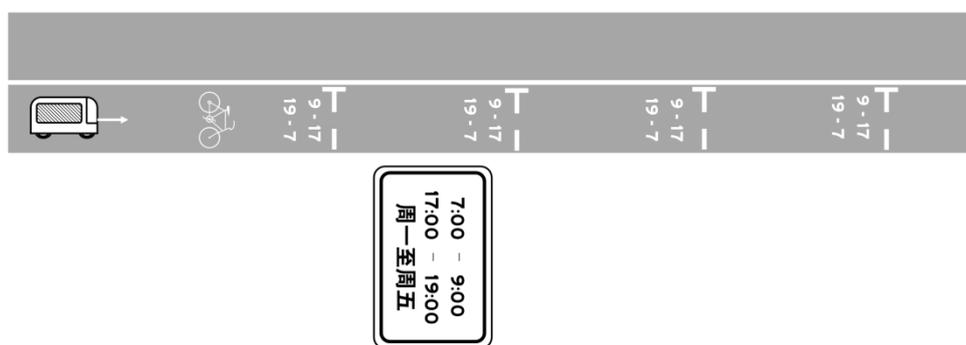


图3 有使用时间限制的非机动车车道标志和标线识别场景示意图

5.1.3.2 测试方法

5.1.3.2.1 直线路段设置起点和目的地，同时在起点和目的地之间的非机动车道上标注限制使用时间，并设置辅助标志。

5.1.3.2.2 时间以 GMT+8 北京时间为准，测试分两个时段分别在允许非机动车道使用时间段内与时间段外，从起点前往目的地，测试车辆应识别标志并做出响应动作。

5.1.3.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆应准确识别标志信息，在可使用时间内在非机动车道行驶，在非使用时间内在机动车道行驶。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.4 路侧停车位标线识别

5.1.4.1 测试场景

测试道路选择直线路段，直线路段包含至少1处平行式路边停车位，测试车辆在非机动车道右侧有停车位标线的情况下，应正确识别标线并做出响应动作。测试场景示意图见图4。

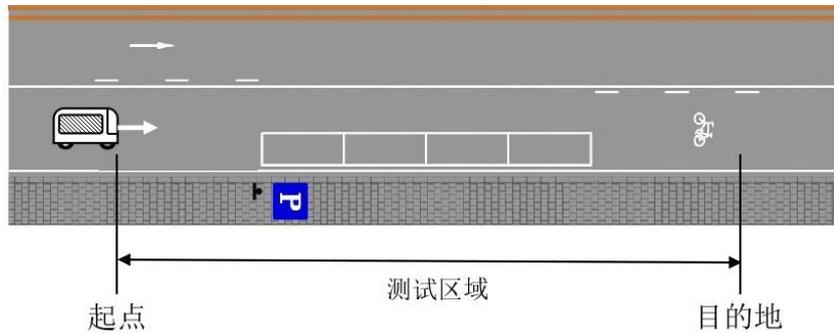


图4 路侧停车位的非机动车道标线识别场景示意图

5.1.4.2 测试方法

5.1.4.2.1 测试车辆从起点向目的地以 15km/h 的速度行驶，途径路侧停车位路段。

5.1.4.2.2 测试车辆应识别路侧停车位标线，且继续沿着非机动车道行驶，不应驶入停车位区域内。

5.1.4.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆应能够识别停车位标线，继续在非机动车道行驶。
- 测试车辆没有驶入停车位区域内。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.5 禁停标志识别

5.1.5.1 测试场景

测试车辆在目的地位于禁停标志附近时，应识别禁停标志并遵守交通规则，场景示意图见图5。

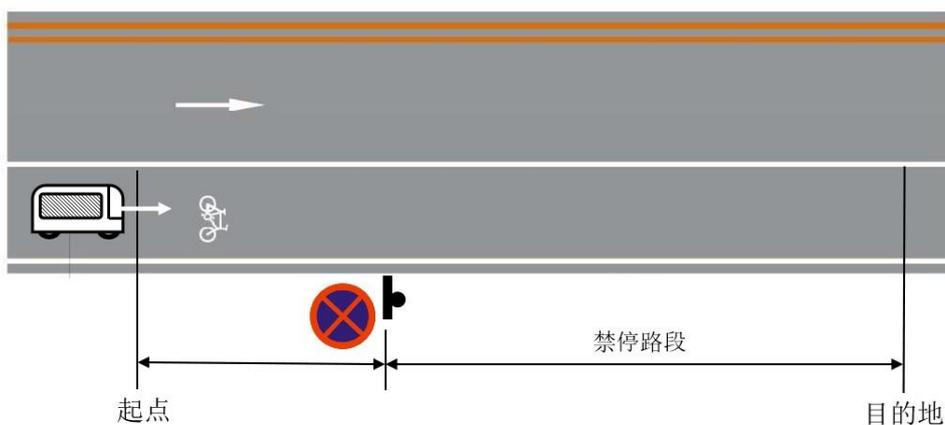


图5 禁停标志识别场景示意图

5.1.5.2 测试方法

5.1.5.2.1 在测试车辆目的地旁放置禁止临时停靠和长时间停靠的禁停标志，发送指令要求测试车辆从起点出发前往目的地。

5.1.5.2.2 测试车辆不应在禁停标志区域内停靠。

5.1.5.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆能够识别禁停标志且不在禁停区域停靠。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.6 静态交通信号灯

5.1.6.1 测试场景

测试车辆在行驶过程中能够识别交通信号，并在交通信号灯相位不发生改变时，并做出正确的响应动作。测试场景区域为交通信号灯控制的交叉口，场景示意图见图6。

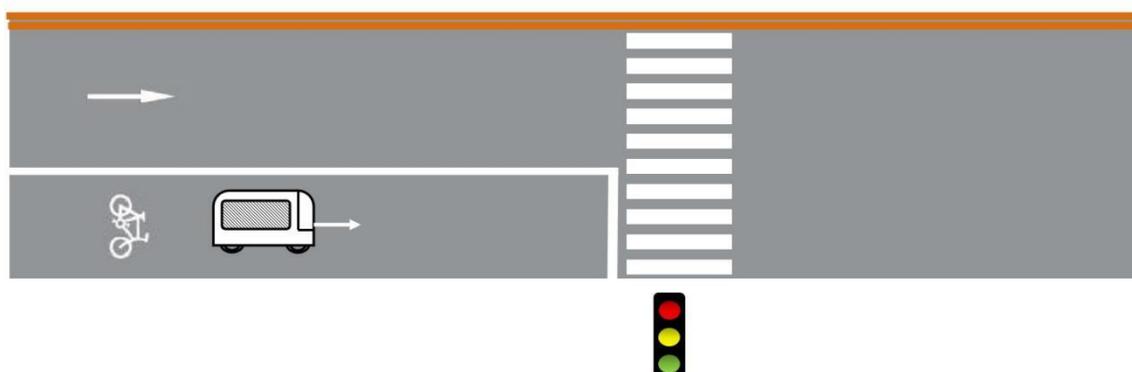


图6 静态交通信号灯识别场景示意图

5.1.6.2 测试方法

5.1.6.2.1 测试车辆以 15km/h 车速从起点出发，通过被测区域的信控交叉口。

5.1.6.2.2 分别调整信号灯为红灯、黄灯、黄灯闪烁、绿灯等状态，且在测试车辆通过交叉口前信号灯相位不发生变化。

5.1.6.2.3 测试车辆应在红灯、黄灯时停车等待，黄灯闪烁时停车后再通过交叉口。

5.1.6.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆应识别信号灯相位，并做出正确的响应动作。
- 测试车辆除了在红灯、黄灯时停止等待，在信号灯绿灯状态时，不应停止行驶。

5.1.7 动态交通信号灯

5.1.7.1 测试场景

测试车辆应在交通信号灯相位发生改变时，识别交通信号，并做出正确响应动作。测试场景区域为交通信号灯控制的交叉口，场景示意图见图7。

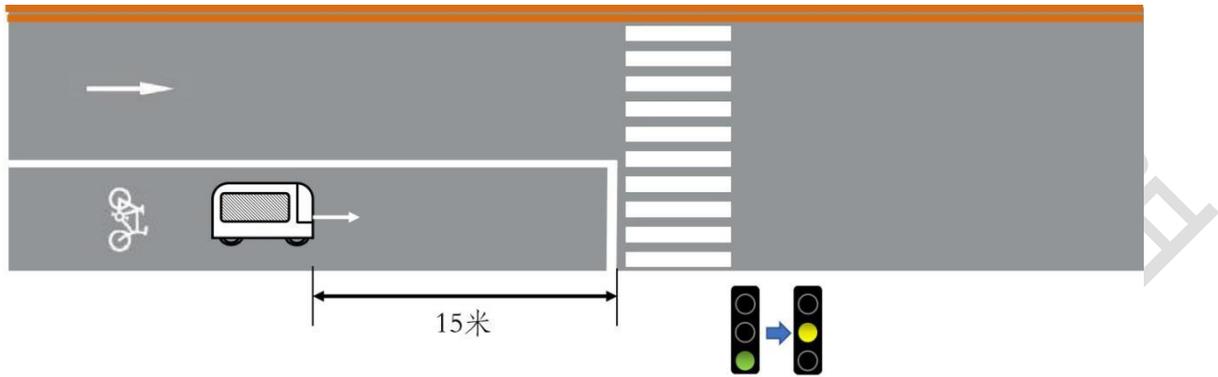


图7 动态交通信号灯识别场景示意图

5.1.7.2 测试方法

5.1.7.2.1 测试车辆以 15km/h 车速从起点出发，通过被测区域的信控交叉口。

5.1.7.2.2 在测试车辆距离非机动车道停止线 15 米时，改变交通信号灯相位，如从绿灯改为黄灯、从红灯改为绿灯。

5.1.7.2.3 测试车辆对于改变后的交通信号灯应能及时响应。

5.1.7.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆应识别信号灯相位，并做出正确的响应动作。
- 测试车辆除了在红灯、黄灯时停止等待，在信号灯绿灯状态时，不应停止行驶。

5.1.8 路面障碍物

5.1.8.1 测试场景

测试区域选择直线路段，测试车辆应识别特殊路面状况，并做出响应动作，场景示意图见图 8。

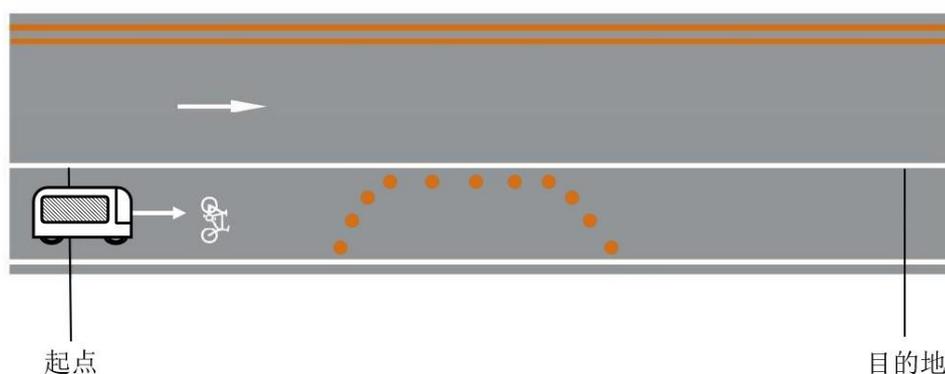


图8 路面障碍物测试场景示意图

5.1.8.2 测试方法

5.1.8.2.1 在测试车辆行驶路线上，设置不同路面状态或障碍物。

5.1.8.2.2 开始测试后，测试车辆从启动并加速至 15km/h 并保持匀速行驶。

5.1.8.2.3 测试车辆应对异常路面状况做出正确反应。

5.1.8.2.4 可供参考的不同路面状态或障碍物：

- a) 抛洒物类型：泡沫塑料、木板、纸箱、砖块；
- b) 路面状况：土堆（高度 $\leq 30\text{cm}$ ；半径 $\leq 50\text{cm}$ ）、减速丘；
- c) 路面障碍物：锥桶、三角牌、水马、施工围挡、柱形路障。

5.1.8.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 对于不影响车辆正常运行的物体，如泡沫塑料、木板、砖块等，车辆无需绕行。
- 对于影响车辆正常运行的特殊路面状况，如锥桶、三角牌、水马等，车辆应采取绕行措施。
- 测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.1.9 静态交通参与者

5.1.9.1 测试场景

测试车辆应在行驶过程中感知到前方的目标车辆、行人和非机动车目标物，目标物应在测试过程中保持静止。测试区域选择开阔无遮挡的直线路段，场景示意图见图 9。



图9 静态交通参与者测试场景示意图

5.1.9.2 测试方法

- 5.1.9.2.1 行人或非机动车目标物位于起点 150 米处，且测试区域内没有其他目标物或障碍物。
- 5.1.9.2.2 测试车辆从起点启动出发，加速至 15km/h 后保持匀速行驶。
- 5.1.9.2.3 测试车辆在识别到行人或非机动车目标物后，未发生碰撞并通过测试区域。

5.1.9.3 通过要求

测试车辆未与行人或非机动车目标物发生碰撞并驶离测试区域。

5.1.10 动态交通参与者

5.1.10.1 测试场景

测试车辆应感知到前方行进中的行人或非机动车目标物。在测试过程中，行人或非机动车目标物在测试车辆前方以一定速度垂直于被测车的方向并保持运动。测试区域宜选择开阔无遮挡的直线路段，场景示意图见图 10。



图10 动态交通参与者感知测试场景示意图

5.1.10.2 测试方法

- 5.1.10.2.1 行人或非机动车目标物与测试车辆初始距离 ≥ 150 米，且测试区域内没有其他目标物或障碍物。
- 5.1.10.2.2 测试车辆从起点启动出发，加速至15km/h后保持匀速行驶。
- 5.1.10.2.3 行人或目标车辆垂直于被测车方向，分别从被测车右侧和左侧穿行过被测车正前方。
- 5.1.10.2.4 测试车辆在识别到行人或非机动车目标物后，未发生碰撞并通过测试区域。

5.1.10.3 通过要求

测试车辆未与行人或非机动车目标物发生碰撞并驶离测试区域。

5.2 定位功能测试

低速无人配送车定位功能测试应包括定位信号丢失、定位信号干扰功能测试。测试场地应为直线路段。

5.2.1 定位信号丢失

5.2.1.1 测试场景

测试车辆行驶至定位信号遮挡区域时，应保持在自动行驶模式下行驶至目的地，场景示意图见图11。

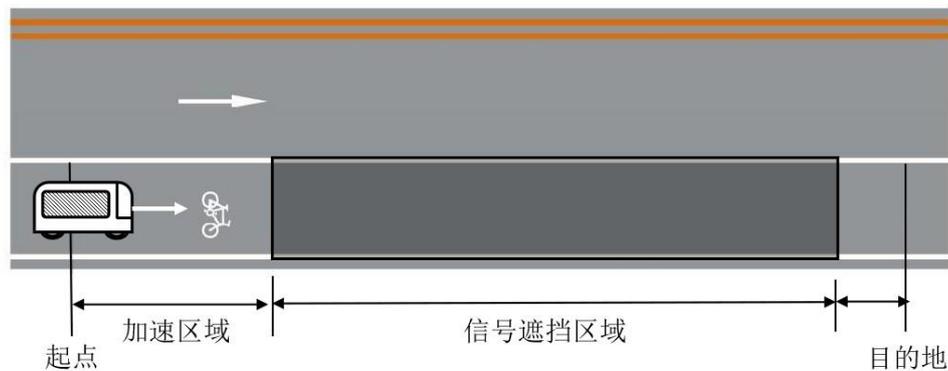


图11 定位信号丢失测试场景示意图

5.2.1.2 测试方法

- 5.2.1.2.1 测试车辆从起点出发，以15km/h匀速向目的地行驶。
- 5.2.1.2.2 测试区域设置定位信号遮挡区域，该区域长度 ≤ 100 米。
- 5.2.1.2.3 测试车辆应保持自动行驶模式抵达目的地。

5.2.1.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆在定位信号遮挡区域仍可以保持自动行驶模式抵达目的地。

——测试过程中测试车辆不应停止行驶。

5.2.2 定位信号干扰

5.2.2.1 测试场景

测试车辆行驶至定位信号干扰区域时,应保持在自动行驶模式下行驶至目的地,场景示意图见图 12。

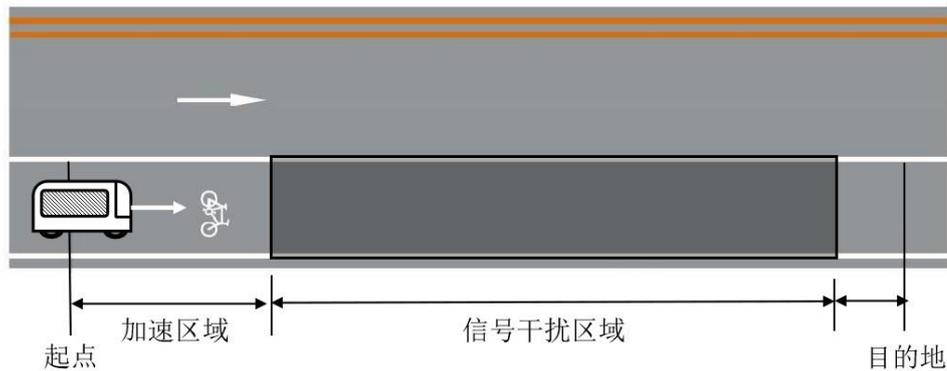


图12 定位信号干扰测试场景示意图

5.2.2.2 测试方法

5.2.2.2.1 测试车辆从起点出发,以 15km/h 匀速向目的地行驶。

5.2.2.2.2 测试区域设置定位信号干扰区域,定位干扰信号由定位干扰设备发出,该设备干信比应 $\geq 60\text{dB}$,干扰频点应包含 GPS-L1C/A、BDS-B1I、BDS-B2A 等常用频点。

5.2.2.2.3 测试车辆应保持自动行驶模式抵达目的地。

5.2.2.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求:

——测试车辆在定位信号干扰区域仍可以保持自动行驶模式抵达目的地。

——测试过程中测试车辆不应停止行驶。

6 决策与控制功能测试

6.1 决策功能

决策功能测试场景应包括施工区域、目标车辆紧急制动、机动车右转、目标车辆汇入非机动车道、非机动车道绕行公交车站等。

6.1.1 施工区域

6.1.1.1 测试场景

测试车辆应识别前方设置的施工标志，及时采取借用机动车道避让决策，在通过施工区域后应回到非机动车道继续行驶并抵达目的地，场景示意图见图 13。

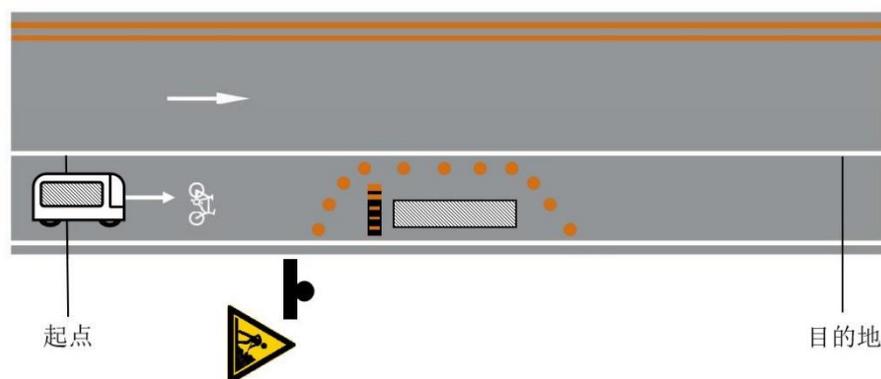


图13 前方施工区域场景示意图

6.1.1.2 测试方法

6.1.1.2.1 测试车辆从起点出发，以 15km/h 匀速向目的地行驶。

6.1.1.2.2 行驶路线应设有占用非机动车道的施工区域，施工区域应用明显的标志物划分，应包含标识牌、锥桶或水马等交通设施。

6.1.1.2.3 测试车辆借用机动车道通过施工区域，应及时返回非机动车道并行驶至目的地。

6.1.1.2.4 施工区域的末端距目的地距离应 ≥ 50 米。

6.1.1.3 通过要求

测试车辆借用机动车道通过施工区域，应及时返回非机动车道并行驶至目的地。

6.1.2 目标车辆紧急制动

6.1.2.1 测试场景

测试车辆在直线路段行驶，目标车辆在行驶过程中紧急制动，场景测试示意图见图14。

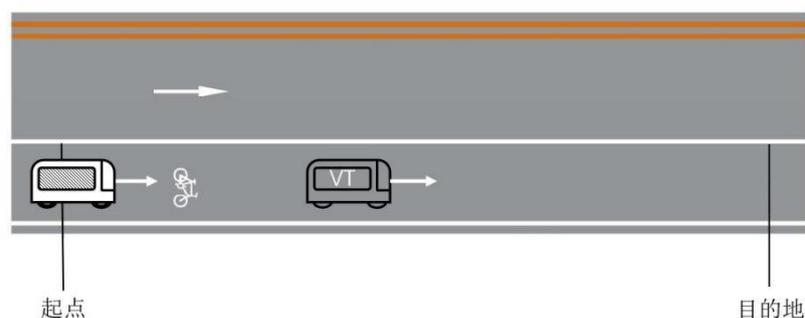


图14 目标车辆紧急制动场景示意图

6.1.2.2 测试方法

6.1.2.2.1 目标车辆位于测试车辆前方 ≥ 9 米。

6.1.2.2.2 测试开始后，目标车辆与测试车辆同时加速至 15km/h 并保持间距，同向匀速行驶。

6.1.2.2.3 目标车辆采取制动行为至车辆停止。

6.1.2.3 通过要求

测试车辆应及时识别目标车辆并采取制动。

6.1.3 目标车辆缓行

6.1.3.1 测试场景

测试车辆在直线路段行驶，目标车辆在车辆前方缓速行驶。

6.1.3.2 测试方法

6.1.3.2.1 目标车辆位于测试车辆前方 ≥ 50 米。

6.1.3.2.2 测试开始后，测试车辆同时加速至 15km/h 匀速行驶，目标车辆以 5km/h 的速度向目的地匀速行驶。

6.1.3.3 通过要求

测试车辆应及时采取制动或绕行的方式继续向目的地行驶，避免与目标车辆发生碰撞。

6.1.4 目标车辆逆行

6.1.4.1 测试场景

测试车辆在直线路段行驶，目标车辆在同车道以相反的方向行驶时，场景示意图见图 15。

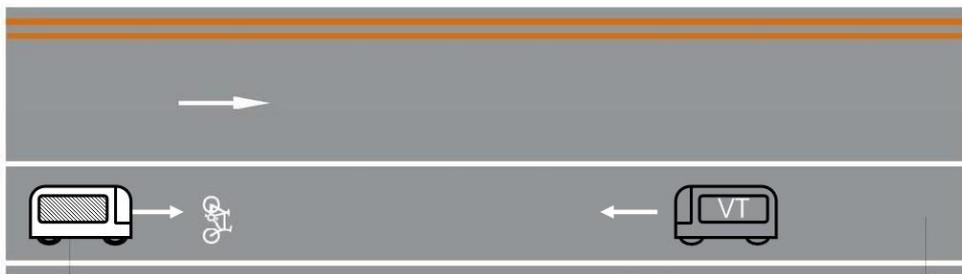


图15 目标车辆逆行场景示意图

6.1.4.2 测试方法

- 6.1.4.2.1 目标车辆位于测试车辆前方 ≥ 150 米，逆向行驶。
- 6.1.4.2.2 测试车辆以 15km/h 向目的地匀速行驶。
- 6.1.4.2.3 目标车辆从目的地出发以 15km/h 向起点匀速行驶。

6.1.4.3 通过要求

测试车辆应及时采取制动，避免与目标车辆发生碰撞。

6.1.5 目标车辆制动且左侧车道有其他车辆

6.1.5.1 测试场景

测试区域选择长直线道路，测试车辆左侧机动车道有一辆机动车，测试场景见图 16 所示。

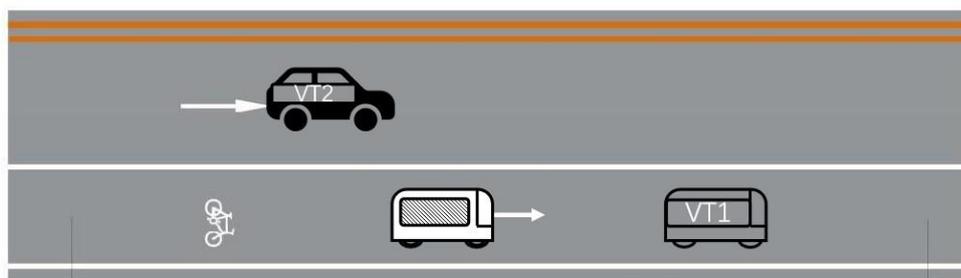


图16 目标车辆制动且左侧车道有其他车辆场景示意图

6.1.5.2 测试方法

- 6.1.5.2.1 采用两辆目标车辆配合完成测试，目标车辆 VT1 为制动车辆，位于被测车正前方一定距离处，左侧车道有干扰车辆 VT2。
- 6.1.5.2.2 测试开始，目标车辆 VT1 与测试车辆初始间距应 ≥ 8.33 米，两车同时加速至 15km/h 并保持间距向相同的目的地匀速行驶。内侧车道目标车辆 VT2 以低于被测车辆的速度在内侧机动车道上匀速行驶，保持位置在测试车辆左后方，两车距离 ≤ 5 米。
- 6.1.5.2.3 匀速行驶 5 秒后，目标车辆 VT1 采取制动行为，减速至静止状态，目标车辆 VT2 继续保持匀速行驶。

6.1.5.3 通过要求

测试车辆应及时采取制动，在避让目标车辆VT2的同时绕行目标车辆VT1，避免与目标车辆VT1发生碰撞，

6.1.6 机动车右转

6.1.6.1 测试场景

测试区域至少包括双向两车道、非机动车道的十字路口，目标车辆在十字路口处右转。测试车辆

在目标车辆右侧直行通过路口。测试场景见图 17 所示。



图17 机动车右转测试场景示意图

6.1.6.2 测试方法

6.1.6.2.1 测试开始后，测试车辆以 15km/h 从起始站点向目的地行驶。

6.1.6.2.2 目标车辆在机动车道以 30km/h 的速度匀速行驶，距离被测车初始间距应 $\geq 50\text{m}$ 。到达交叉口停止线时，目标车辆车头应超过测试车辆并右转驶入路口。

6.1.6.2.3 测试车辆应避让右转的目标车辆。

6.1.6.3 通过要求

测试车辆应避让右转目标车辆，并经过路口驶入对应车道。

6.1.7 目标车辆汇入非机动车道

6.1.7.1 测试场景

测试区域应为直线路段，测试车辆在行驶过程中，目标车辆在测试车辆前方从机动车道汇入非机动车道，测试场景见图 18 所示。

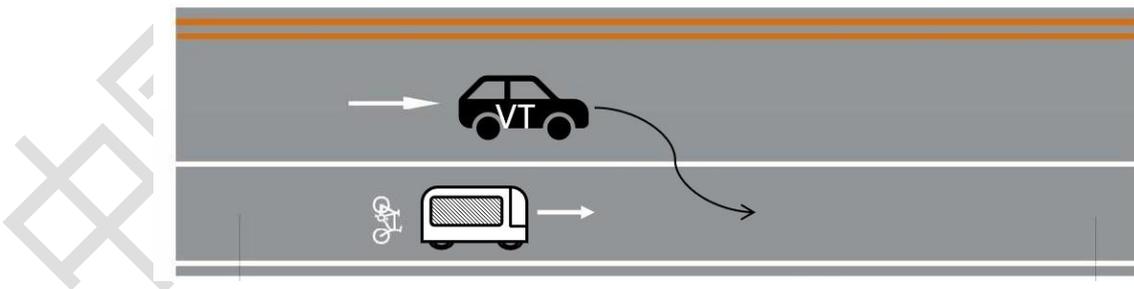


图18 车辆汇入非机动车道场景示意图

6.1.7.2 测试方法

6.1.7.2.1 测试车辆以 15km/h 速度在非机动车道保持匀速行驶，目标车辆以 25km/h 在最外侧机动车

道保持匀速行驶。

6.1.7.2.2 在目标车辆超过测试车辆且两车车头纵向间距 $>5\text{m}$ 时，目标车辆执行切入动作。

6.1.7.2.3 被测车与背景车横向距离应 $\geq 1\text{m}$ 。

6.1.7.3 通过要求

测试车辆未与目标车辆发生碰撞。

6.2 控制功能

6.2.1 轨迹跟踪测试

6.2.1.1 测试场景

测试区域选择直线路段，给定测试车辆一段预设的车辆轨迹，要求测试车辆跟踪给定轨迹行驶，测试场景见图19所示。

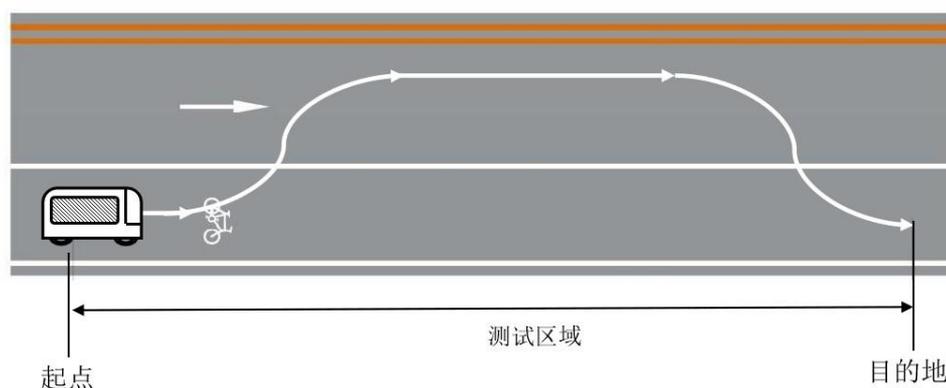


图19 轨迹跟踪测试场景示意图

6.2.1.2 测试方法

6.2.1.2.1 为测试车辆设置一段包含曲线运动的轨迹，该车辆以 15km/h 最高速度跟踪给定轨迹行驶。

6.2.1.2.2 利用定位真值设备记录测试车辆的运动学信息，定位真值设备数据记录频率应不低于给定轨迹分辨率。

6.2.1.2.3 在测试车辆到达目的地后，对比该车辆的真实轨迹与给定轨迹，计算误差值。误差应选取位置与速度控制误差的最小值 \min 、最大值 \max 、平均值 mean 作为基本的评价指标，见公式(1)–(3)所示。给定轨迹和实际轨迹的均方根误差和平均绝对百分比误差，见公式(4)和(5)。

$$\min = \min(\hat{y}_i - y_i) \dots\dots\dots (1)$$

$$\max = \max(\hat{y}_i - y_i) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{mean} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (\hat{y}_i - y_i) \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{y}_i - y_i)^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right| \dots\dots\dots (5)$$

式中：

\hat{y}_i ——期望控制输出

y_i ——无人配送车的实际控制结果

k, n, m ——为样本数。

6.2.1.3 通过要求

计算测试车辆轨迹跟踪的位置和速度精度，RMSE的值越小，代表位置与速度控制越准确。MAPE的值越小，代表自动驾驶控制模型性能更优。

6.2.2 远程控制测试

6.2.2.1 测试场景

测试区域选择直线路段。

6.2.2.2 测试方法

测试车辆退出自动驾驶状态，发出车辆或系统异常提示，由后台人工接管并继续操作。

6.2.2.3 通过要求

测试车辆可以顺利切换自动驾驶状态和人工接管状态。

7 配送与零售功能测试

7.1 配送功能

低速无人配送车配送功能测试应包括配送订单临时取消、订单临时增加、订单异常等测试场景。

7.1.1 订单临时取消

7.1.1.1 测试场景

在被测车配送订单途中，在配送程序上取消当前订单。测试场景示意图见图 20。

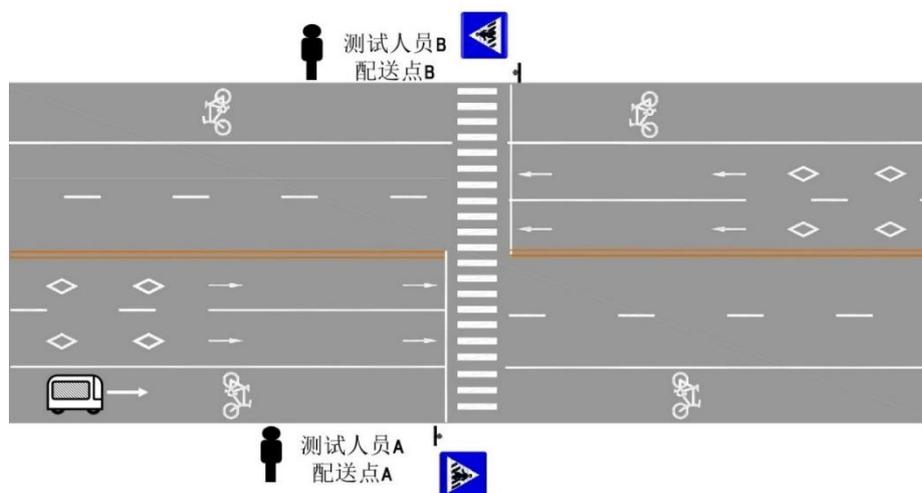


图20 订单临时取消场景示意图

7.1.1.2 测试方法

7.1.1.2.1 两名测试人员位于两个不同的位置，两人之间应距离 $\geq 200\text{m}$ 且位于相反的方向。

7.1.1.2.2 测试人员 A 先下单，测试人员 B 后下单。在测试车辆收到指定前往配送地点时，测试人员 A 取消订单。

7.1.1.3 通过要求

在测试车辆收到A订单取消后，应响应B订单、规划路径并前往配送点B。

7.1.2 订单临时增加

7.1.2.1 测试场景

在测试车配送订单途中，在配送程序上增加当前订单物品。

7.1.2.2 测试方法

7.1.2.2.1 两名测试人员位于两个不同的位置，两人之间应距离 $\geq 200\text{m}$ 且位于相反的方向。

7.1.2.2.2 测试人员 A 先下单，在测试车辆收到指定前往配送地点 A 时，测试人员 B 在配送程序上下单。

7.1.2.3 通过要求

在测试车辆收到 B 订单后，应在配送完 A 订单后、规划路径并前往配送点 B。

7.1.3 订单异常

7.1.3.1 测试场景

针对订单配送过程中可能出现的异常情况，分别针对人侵占配送站点、物体侵占配送站点、物体侵占配送点周边区域、配送订单无人响应中四类异常场景开展测试。测试场景示意图见图 21。

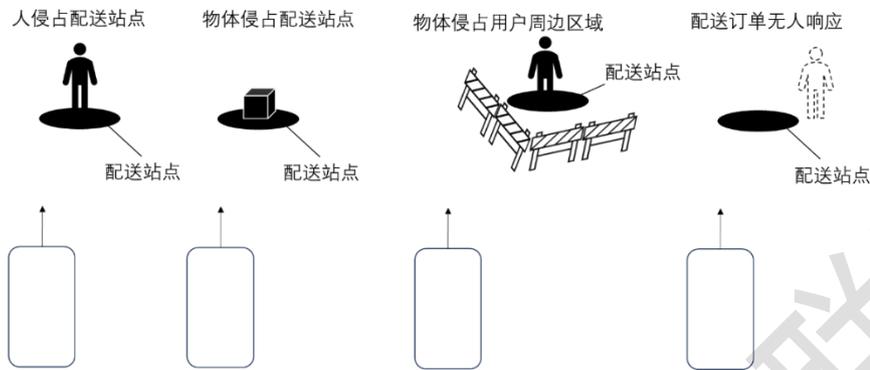


图21 订单异常场景测试示意图

7.1.3.2 测试方法

测试车辆到达配送站点，配送站点出现以上四种异常情况。

7.1.3.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆在到达站点附近后，将异常信息反馈至 APP。
- 测试车辆在异常情况持续超过 5 分钟后，应能做出取消订单或返回配送点的响应动作。

7.2 零售功能

7.2.1 测试场景

在测试场地内设置虚拟零售点，测试车辆收到指令后行驶至指定地点，取货后并配送给客户的功能。

7.2.2 测试方法

- 7.2.2.1 由两名测试人员参与，测试人员 A 作为零售点工作人员，测试人员 B 作为客户。
- 7.2.2.2 测试人员 B 使用配送程序下单购买一类虚拟商品，测试车辆响应订单并行驶至零售点。
- 7.2.2.3 测试人员 A 配合完成取货工作，关闭被测车的货舱，测试车辆应返回测试人员 B 的位置并配送商品。

7.2.3 通过要求

测试车辆应满足以下要求：

- 测试车辆在接收到取货指令后准确抵达取货地点。
- 测试车辆取货后应准确行驶至配送地点，期间没有发生停止行驶的情况。

参 考 文 献

- [1] 北京市无人配送车道路测试与商业示范管理办法（试行）
-

中国智能交通产业联盟

T/ITS 0238-XXXX

中国智能交通产业联盟
标准

低速无人配送车功能测试规程

T/ITS 0238-20XX

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>

2024 年 X 月第一版 2024 年 X 月第一次印刷