

团体标准

T/ITS 0238-2024

无人配送车功能场地试验方法及要求

Functional site test methods and requirements for autonomous delivery vehicles

2024-10-9 发布

2024-10-9 实施

中国智能交通产业联盟 发布

目 次

目次	I
前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	2
5 一般要求	2
5.1 测试环境要求	2
5.2 试验车辆要求	3
5.3 测试设备要求	3
5.4 配套设施	3
6 试验过程及通过条件	3
6.1 过程管理	3
6.2 试验通过条件	3
7 试验方法	4
7.1 交通信号及道路基础设施识别及响应	4
7.2 交通参与者的识别与响应	10
7.3 周边车辆行驶识别及响应	11
7.4 定位功能测试	14
7.5 动态驾驶任务干预及接管	15
7.6 配送与零售	17
参考文献	21

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、北京速通科技有限公司、东风悦享科技有限公司、中国汽车工程研究院股份有限公司。

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、夏华夏、张为、殷其昊、张永军、吴梦怡、徐凌、甘泉、刘硕、杜轲、张阳、郎丹、李祖桥、孙寒杰、王庞伟、王建强、袁泉、张思远、薛金银、杨志伟、曹科、张鑫、房科、邵更生。

无人配送车功能场地试验方法及要求

1 范围

本文件规定了无人配送车在进行场地试验时功能测试的一般要求、试验要求、测试方法及通过要求。本文件适用于具备自动行驶功能的无人配送车在场地试验的功能性测试。

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 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 5768 道路交通标志和标线

GB 51038-2015 城市道路交通标志标线设置规范

GB/T 24973-2023 收费用栏杆

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

GB/T 43119-2023 自动驾驶封闭测试场地建设技术要求

CJJ 37-2012 城市道路工程设计规范（2016版）

JT/T 713 路面橡胶减速带标准

JTG/T D71 公路隧道交通工程设计规范

T/CAAMTB 182-2023 北斗高精度定位小型智能车 第一部分：技术要求

3 术语和定义

GB/T 33577-2017、GB/T 41798-2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人配送车 low-speed autonomous delivery vehicle

无驾驶座、无驾驶舱、具有自动驾驶、配送和零售功能的电动车辆。

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

3.6 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。

3.7

分拣系统 Automatic sorting system

具备与配送程序及无人配送车进行交互通信的功能，能根据指令自动完成分拣、打包、传送任务，并配备有机械臂等装置，可实现无人商店与无人配送车之间的货品自动装填。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

VUT: 试验车辆 (Vehicle under Test)

VT: 目标车辆 (Vehicle Target)

5 一般要求

5.1 测试环境要求

5.1.1 道路环境要求

5.1.1.1 试验场地具有良好附着能力的混凝土或沥青路面。

5.1.1.2 交通标志和标线清晰，且符合 GB 5768 及 GB 51038-2015 的要求。

5.1.1.3 减速带：满足 JT/T 713 的要求。

5.1.1.4 交通基础设施应符合 GB 14886、GB 14887、GB/T 24973-2023 和 JTG/T D71 要求。

5.1.1.5 试验道路应包含机动车及非机动车道，机动车车道及非机动车车道宽度应符合 CJJ37-2012 (2016 版) 要求。

5.1.1.6 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。

5.1.2 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 41798-2022 4.1.2 及附录 A 的要求。。

5.1.3 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，电磁环境不应对试验结果产生明显影响。

5.2 试验车辆要求

试验车辆应满足 T/CAAMTB 182-2023 中的整车要求，在测试过程中应全程开启自动行驶模式。试验车辆在测试过程中应处于空载状态，货舱中不应有除测试设备外的其他物体。

5.3 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。

5.4 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，应满足 GB/T 43119-2023 的配套试验设施要求。

5.4.1 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。

5.4.2 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。

5.4.3 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，可通过运载系统实现移动。

6 试验过程及通过条件

6.1 过程管理

6.1.1 试验道路限速设置应满足试验项目的要求。

6.1.2 试验过程中应满足如下要求：

- a) 各试验项目均在自动驾驶模式下完成。
- b) 不进行无人配送车系统软件版本及硬件配置变更。

6.2 试验通过条件

6.2.1 按要求完成试验项目，且各试验项目应按照第 7 章规定的相关试验方法进行 3 次试验且 3 次均

应符合其涉及运行条件的通过要求。

注：试验过程中试验车辆采取相应措施不与目标物发生碰撞，措施可包含但不限于减速、绕行等方式，本文件中不限定实现避免碰撞的方式。

6.2.2 试验过程中试验车辆出现以下任一事件，试验过程应视为不满足通过要求：

- a) 骑轧车道实线；
- b) 不按路段规定行驶速度行驶；
- c) 违反车道导向标线行驶；
- d) 未按规定使用灯光；
- e) 与道路基础设施发生碰撞。

7 试验方法

7.1 交通信号及道路基础设施识别及响应

试验车辆具备对限速标志、限速取消标志、路侧停车位、禁停等标志标线识别，静态和动态交通信号灯的road基础设施，以及特殊路面状况，试验车辆应准确识别交通信号、道路基础设施及特殊路面情况，遵守交通规则并做出响应。

7.1.1 限速标志

7.1.1.1 测试场景

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

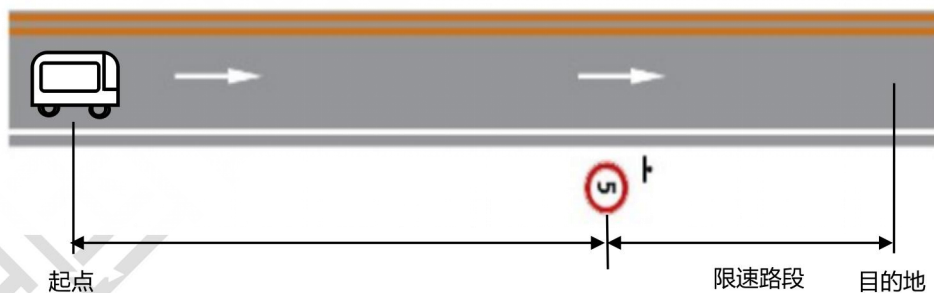


图 1 限速标志场景示意图

7.1.1.2 测试方法

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

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

7.1.1.2.3 试验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。

7.1.1.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验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。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.1.2 解除限速标志

7.1.2.1 测试场景

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

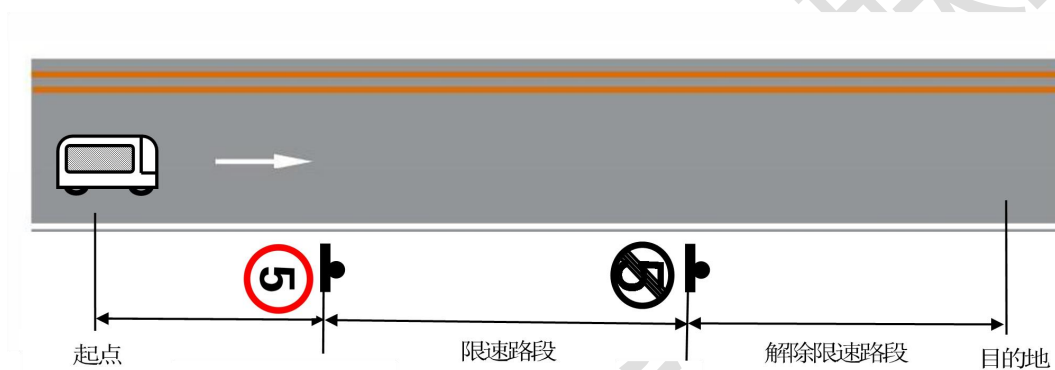


图2 限速取消标志场景示意图

7.1.2.2 测试方法

- 7.1.2.2.1 在直线路段设置起点和目的地，两点之间距离不少于 250 米。
- 7.1.2.2.2 限速标识设置在距离起点至少 50 米位置，限速取消标志距离目的地至少 150 米。
- 7.1.2.2.3 试验车辆向目的地直线行驶，试验车辆到达起点的速度不应低于 15km/h。
- 7.1.2.2.4 试验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 以上，并抵达目的地。

7.1.2.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验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 以上。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.1.3 路侧停车位

7.1.3.1 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且未停靠车辆，试验车辆在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3。

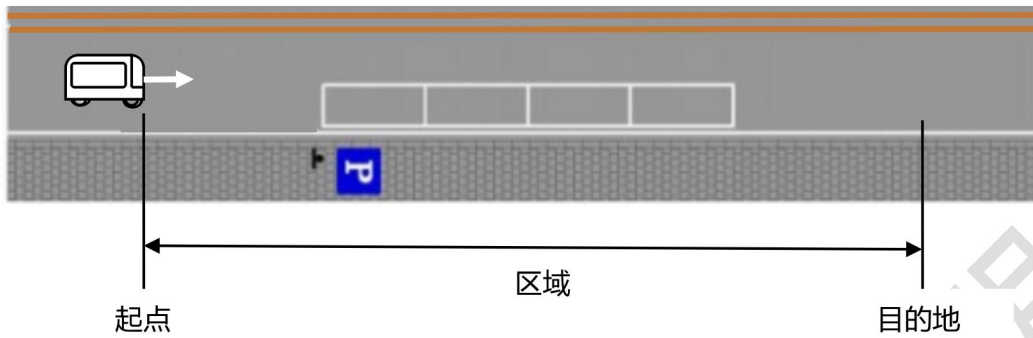


图3 路侧停车位场景示意图

7.1.3.2 测试方法

7.1.3.2.1 试验车辆从起点向目的地行驶，途径路侧停车位路段。

7.1.3.2.2 试验车辆应识别路侧停车位标线，且继续沿着当前车道行驶，不应驶入停车位区域内。

7.1.3.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验车辆应能够识别停车位标线，继续在当前车道行驶。
- 试验车辆没有驶入停车位区域内。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.1.4 禁停标志

7.1.4.1 测试场景

试验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，测试场景示意图见图4。

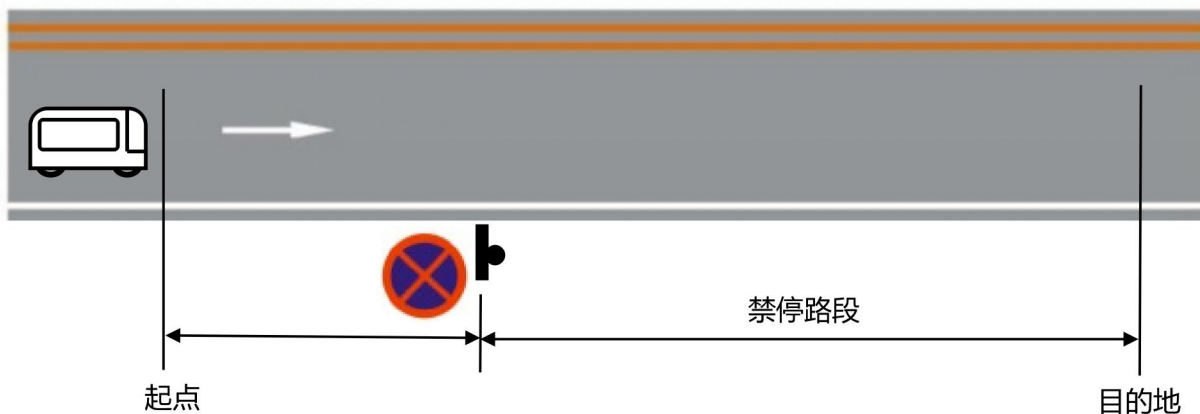


图4 禁停标志场景示意图

7.1.4.2 测试方法

7.1.4.2.1 在试验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，发送指令要求试验车辆从起点出发前往目的地。

7.1.4.2.2 试验车辆不应在禁停标志区域内停靠。禁停标志区根据实际情况选取。

7.1.4.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

——试验车辆能够识别禁停标志且不在禁停区域停靠。

——测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.1.5 静态交通信号灯

7.1.5.1 测试场景

试验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，测试场景示意图见图5。

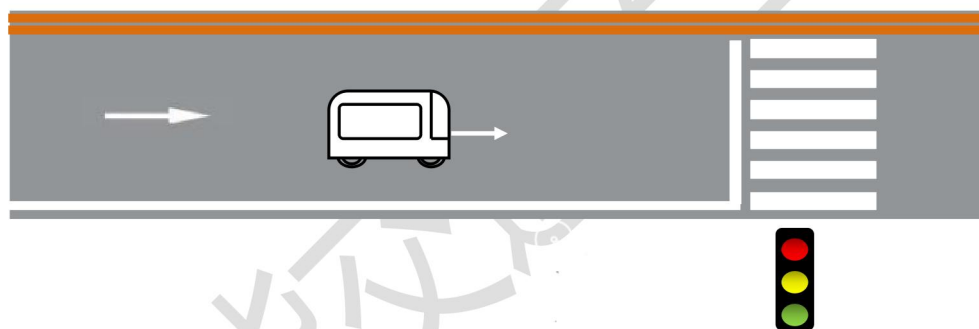


图5 静态交通信号灯场景示意图

7.1.5.2 测试方法

7.1.5.2.1 试验车辆以测试车速从起点出发，通过被测区域的信控交叉口。

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

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

7.1.5.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

——试验车辆应识别信号灯相位，并做出正确的响应动作。

——试验车辆除了在红灯、黄灯时停止等待，在信号灯绿灯状态时，不应停止行驶。

7.1.6 动态交通信号灯

7.1.6.1 测试场景

试验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，测试场景示意图见图6。

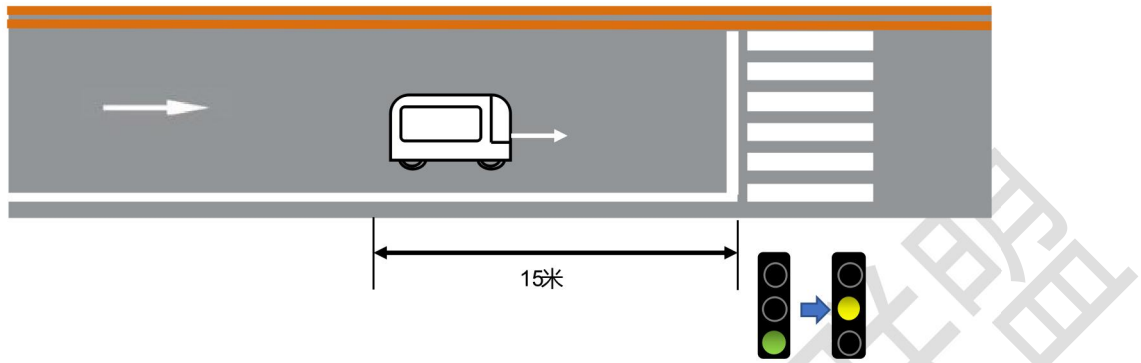


图6 动态交通信号灯场景示意图

7.1.6.2 测试方法

7.1.6.2.1 试验车辆以初始车速从起点出发，通过被测区域的信控交叉口。

7.1.6.2.2 在试验车辆距离停止线 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。

7.1.6.2.3 试验车辆对于改变后的交通信号灯应能及时响应。

7.1.6.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

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

7.1.7 路面障碍物

7.1.7.1 测试场景

测试区域选择直线路段，试验车辆应识别特殊路面状况，并做出响应动作，测试场景示意图见图7。

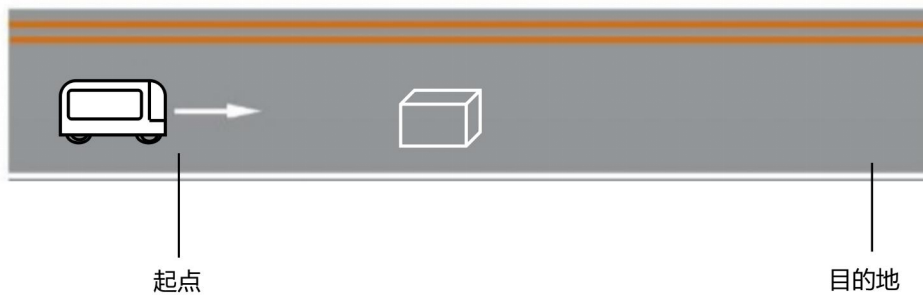


图7 路面障碍物场景示意图

7.1.7.2 测试方法

- 7.1.7.2.1 在试验车辆行驶路线上，设置不同路面状态或障碍物。
- 7.1.7.2.2 开始测试后，试验车辆从启动并加速至测试速度并保持匀速行驶。
- 7.1.7.2.3 试验车辆应对异常路面状况做出正确反应。
- 7.1.7.2.4 可供参考的不同路面状态或障碍物：
- 抛洒物类型：泡沫塑料、木板、纸箱、砖块；
 - 路面状况：土堆（高度 $\leq 30\text{cm}$ ；半径 $\leq 50\text{cm}$ ）、减速丘；
 - 路面障碍物：锥桶、三角牌、水马、施工围挡、柱形路障。

7.1.7.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 对于不影响车辆正常运行的物体，如尺寸小于 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的泡沫塑料、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，选择 2 种尺寸的抛洒物进行测试，如尺寸大于 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$ 的泡沫塑料、木板、砖块，锥桶、三角牌、水马等，试验车辆应采取绕行措施。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.1.8 施工区域

7.1.8.1 测试场景

试验车辆应识别前方设置的施工标志，及时采取避让措施，在通过施工区域后应回到车道继续行驶并抵达目的地，测试场景示意图见图 8。

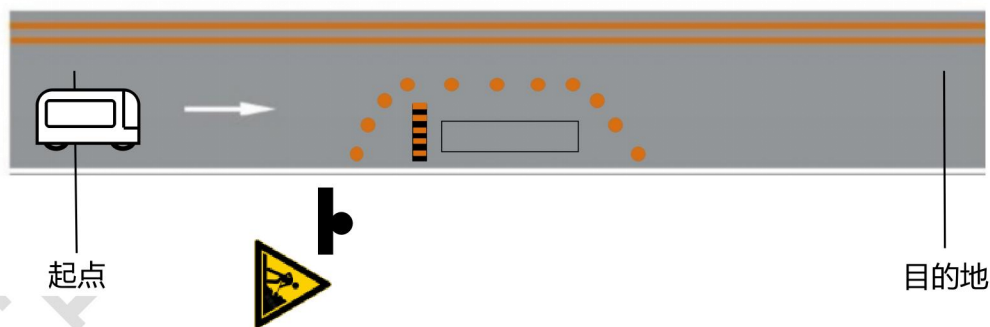


图 8 前方施工区域场景示意图

7.1.8.2 测试方法

- 7.1.8.2.1 试验车辆从起点出发，以测试速度匀速向目的地行驶。
- 7.1.8.2.2 行驶路线应设有占用车道的施工区域，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。
- 7.1.8.2.3 试验车辆通过施工区域后，应及时返回原本的车道并行驶至目的地。

7.1.8.2.4 施工区域的末端距目的地距离应 ≥ 50 米。

7.1.8.3 通过要求

试验车辆应借用其他车道通过施工区域，避免与施工标志物和交通设施发生碰撞。在通过施工区域后，应及时返回原本的车道并行驶至目的地。

7.2 交通参与者的识别与响应

7.2.1 静态交通参与者

7.2.1.1 测试场景

试验车辆应在行驶过程中感知到前方的目标车辆、行人目标物和非机动车目标物，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，测试场景示意图见图9。

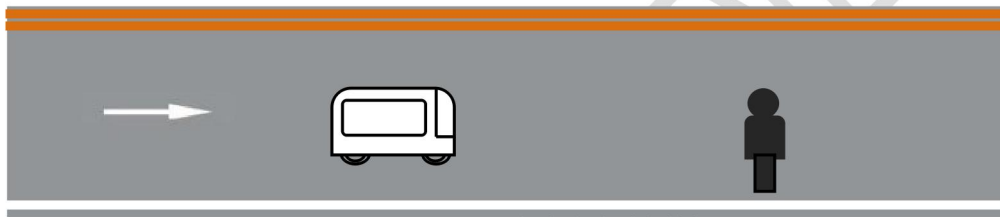


图9 静态交通参与者测试场景示意图

7.2.1.2 测试方法

7.2.1.2.1 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。

7.2.1.2.2 试验车辆从起点启动出发，加速至测试速度后保持匀速行驶。

7.2.1.2.3 试验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。

7.2.1.3 通过要求

试验车辆应采用绕行或跟随方式通过该场景且不与行人或非机动车目标物发生碰撞。

7.2.2 动态交通参与者

7.2.2.1 测试场景

试验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试验车辆前方以一定速度保持运动。若以行人为测试目标，行人以5km/h至6.5km/h的速度于距离车道右侧车道线内侧1米至2.5米范围内沿外侧车道行走。测试区域宜选择开阔无遮挡的直线路段，测试场景示意图见图10。

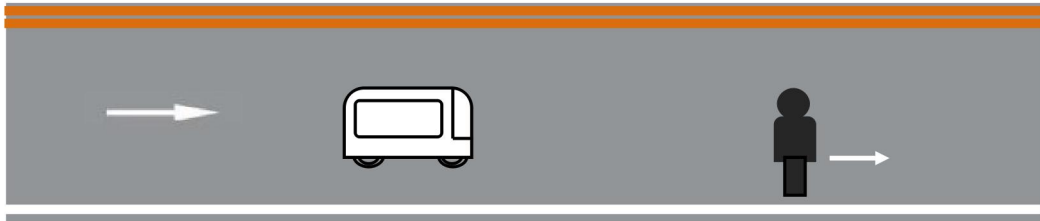


图 10 动态交通参与者测试场景示意图

7.2.2.2 测试方法

7.2.2.2.1 行人或非机动车目标物与试验车辆初始距离 ≥ 150 米，且测试区域内没有其他目标物或障碍物。

7.2.2.2.2 试验车辆从起点启动出发，加速至测试速度后保持匀速行驶。

7.2.2.2.3 以行人目标物为目标时，试验车辆于外侧车道驶向行人。若跟随行人行驶，当试验车辆速度不大于 6.5km/h 时，且持续时间超过 5s ，行人从车道右侧离开。

7.2.2.2.4 试验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。

7.2.2.3 通过要求

试验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。

7.3 周边车辆行驶识别及响应

7.3.1 目标车辆缓行

7.3.1.1 测试场景

试验车辆在直线路段行驶，目标车辆在车辆前方缓速行驶。

7.3.1.2 测试方法

7.3.1.2.1 目标车辆位于试验车辆前方 ≥ 50 米。

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

7.3.1.3 通过要求

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

7.3.2 目标车辆逆行

7.3.2.1 测试场景

试验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，测试场景见图 11 所示。



图 11 目标车辆逆行场景示意图

7.3.2.2 测试方法

7.3.2.2.1 目标车辆位于试验车辆前方 ≥ 150 米，逆向行驶。

7.3.2.2.2 试验车辆以 15km/h 向目的地匀速行驶。

7.3.2.2.3 目标车辆从目的地出发以 15km/h 向起点匀速行驶。

7.3.2.3 通过要求

试验车辆应及时采取制动，避免与目标车辆发生碰撞。

7.3.3 目标车辆制动且左侧车道有其他车辆

7.3.3.1 测试场景

测试区域选择长直线道路，试验车辆左侧机动车道有一辆机动车，测试场景见图 12 所示。

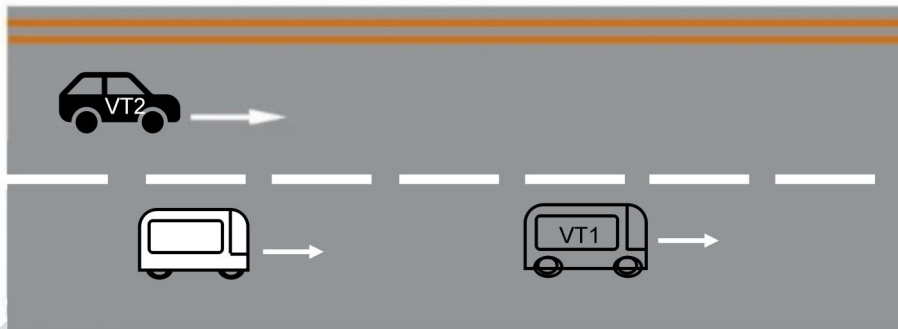


图 12 目标车辆制动且左侧车道有其他车辆场景示意图

7.3.3.2 测试方法

7.3.3.2.1 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。

7.3.3.2.2 测试开始，目标车辆 VT1 与试验车辆初始间距应 ≥ 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，保持位置在试验车辆左后方，两车距离 ≤ 5 米。

7.3.3.2.3 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。

7.3.3.3 通过要求

试验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，

7.3.4 目标车辆汇入

7.3.4.1 测试场景

测试区域应为直线路段，试验车辆在行驶过程中，目标车辆在试验车辆前方汇入，测试场景见图 13 所示。

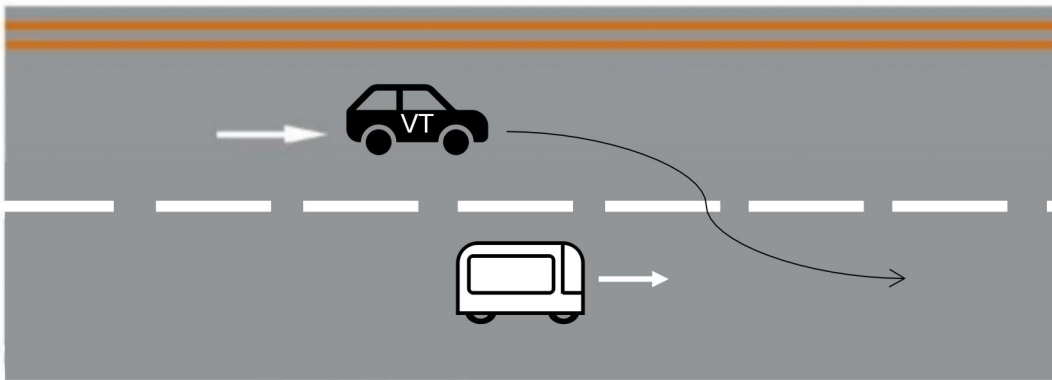


图 13 车辆汇入场景示意图

7.3.4.2 测试方法

7.3.4.2.1 试验车辆加速至 15km/h，保持匀速行驶，目标车辆以 25km/h 的速度在试验车辆的外侧车道保持匀速行驶。

7.3.4.2.2 在目标车辆超过试验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。

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

7.3.4.3 通过要求

试验车辆未与目标车辆发生碰撞。

7.3.5 目标车辆紧急制动

7.3.5.1 测试场景

试验车辆在直线路段行驶，目标车辆在行驶过程中紧急制动，测试场景示意图见图14。

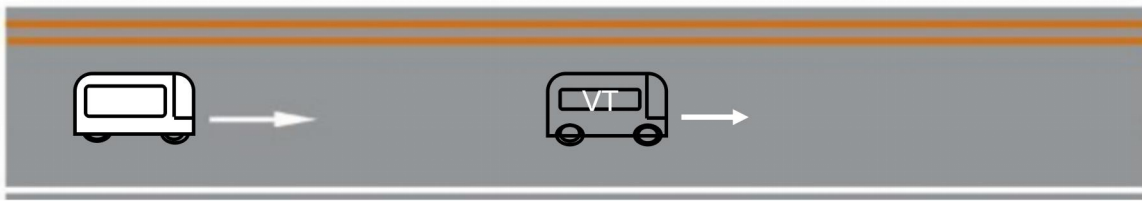


图 14 目标车辆紧急制动场景示意图

7.3.5.2 测试方法

7.3.5.2.1 目标车辆位于试验车辆前方，两车间距应小于 15 米且大于 9 米。

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

7.3.5.2.3 目标车辆采取制动行为至车辆停止。

7.3.5.3 通过要求

试验车辆应及时识别目标车辆并采取制动。

7.4 定位功能测试

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。

7.4.1 定位信号丢失

7.4.1.1 测试场景

试验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，测试场景示意图见图 15。

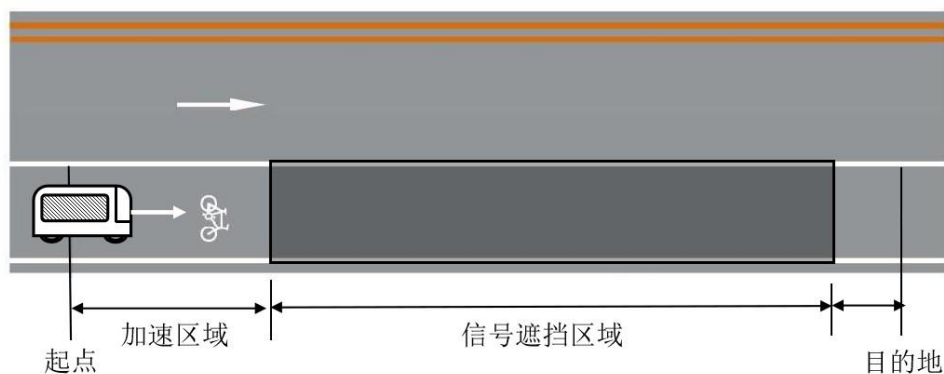


图 15 定位信号丢失测试场景示意图

7.4.1.2 测试方法

7.4.1.2.1 试验车辆从起点出发，加速至 15km/h 后匀速向目的地行驶。

7.4.1.2.2 测试区域设置定位信号遮挡区域，该区域长度 ≤ 100 米。

7.4.1.2.3 试验车辆应保持自动行驶模式抵达目的地。

7.4.1.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验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。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.4.2 定位信号干扰

7.4.2.1 测试场景

试验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，测试场景示意图见图 16。

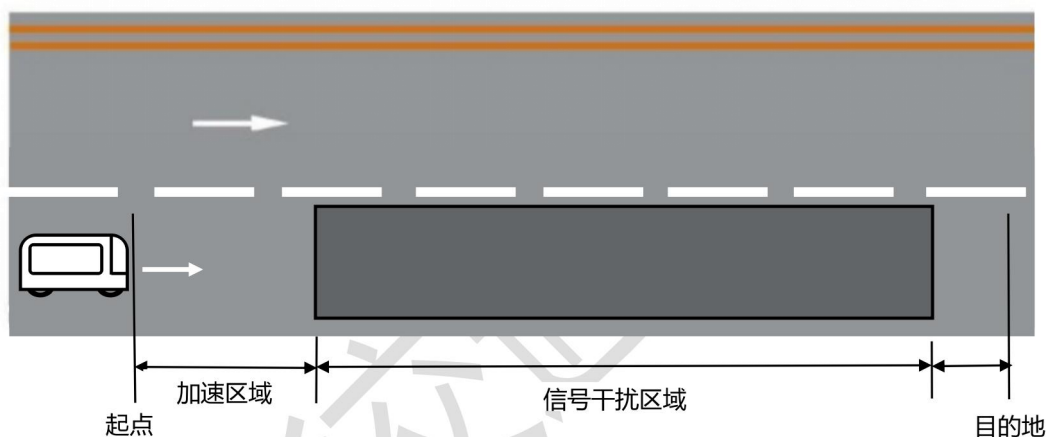


图 16 定位信号干扰测试场景示意图

7.4.2.2 测试方法

7.4.2.2.1 试验车辆从起点出发，加速至 15km/h 后匀速向目的地行驶。

7.4.2.2.2 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 ≥ 60 dB，干扰频点应包含 GPS-L1C/A、BDS-B1I、BDS-B2A 等常用频点。

7.4.2.2.3 试验车辆应保持自动行驶模式抵达目的地。

7.4.2.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验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。
- 测试过程中试验车辆不应停止行驶。

7.5 动态驾驶任务干预及接管

7.5.1 轨迹跟踪测试

7.5.1.1 测试场景

测试区域选择直线路段，给定试验车辆一段预设的车辆轨迹，要求试验车辆跟踪给定轨迹行驶，测试场景示意图见图17。

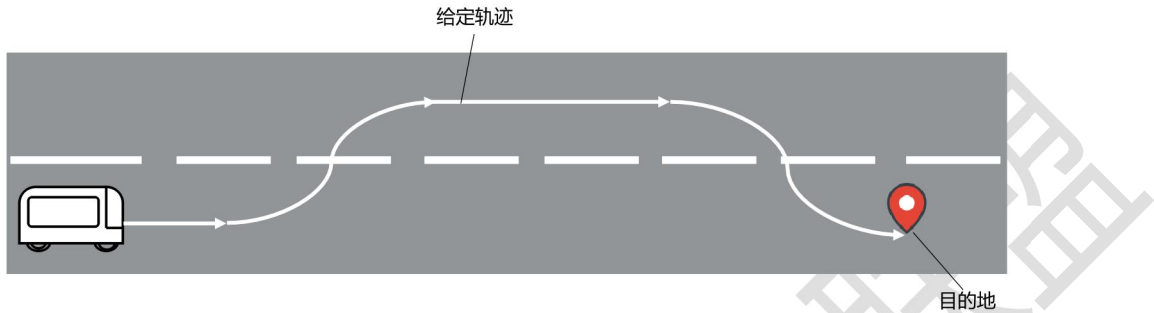


图 17 轨迹跟踪测试场景示意图

7.5.1.2 测试方法

7.5.1.2.1 为试验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。

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

7.5.1.2.3 在试验车辆到达目的地后，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，见公示（4）和（5）。

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

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

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

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

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

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 ——为样本数。

7.5.1.3 通过要求

计算试验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。

7.5.2 远程控制测试

7.5.2.1 测试场景

测试区域选择直线路段。

7.5.2.2 测试方法

试验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。

7.5.2.3 通过要求

试验车辆可以顺利切换自动驾驶状态和人工接管状态。

7.6 配送与零售

7.6.1 订单临时取消

7.6.1.1 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 18。

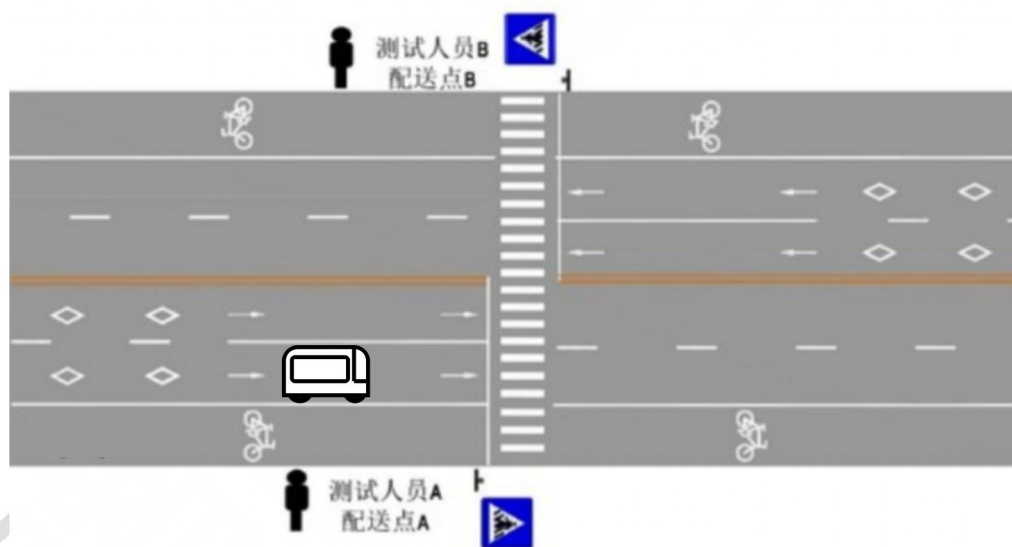


图 18 订单临时取消场景示意图

7.6.1.2 测试方法

7.6.1.2.1 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。

7.6.1.2.2 测试人员 A 先下单，测试人员 B 后下单。在试验车辆收到指定前往配送地点时，测试人员 A 取消订单。

7.6.1.3 通过要求

在试验车辆收到A订单取消后，应响应B订单、规划路径并前往配送点B。

7.6.2 订单临时增加

7.6.2.1 测试场景

在被测车配送订单途中，在配送程序上增加当前订单物品。

7.6.2.2 测试方法

7.6.2.2.1 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。

7.6.2.2.2 测试人员 A 先下单，在试验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。

7.6.2.3 通过要求

在试验车辆收到 B 订单后，应在配送完 A 订单后、规划路径并前往配送点 B。

7.6.3 订单异常

7.6.3.1 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、物体侵占用户周边区域、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 19。

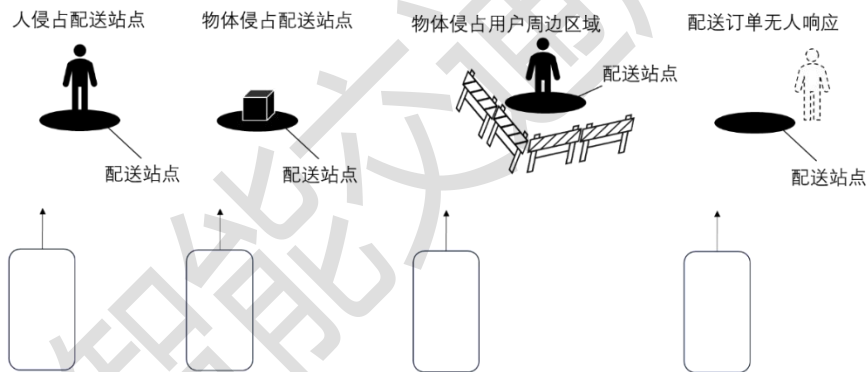


图 19 订单异常场景测试示意图

7.6.3.2 测试方法

试验车辆抵达配送站点，配送站点出现以上四种异常情况。

7.6.3.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验车辆在到达站点附近后，将异常信息反馈至 APP。
- 试验车辆在异常情况持续超过 5 分钟后，应做到联络收货人告知异常状态、取消订单或返回配送点等响应动作。

7.6.4 零售

7.6.4.1 测试场景

在测试场地内设置零售点，试验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。

7.6.4.2 测试方法

7.6.4.2.1 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。

7.6.4.2.2 测试人员 B 使用配送程序下单购买一类虚拟商品，试验车辆响应订单并行驶至零售点。

7.6.4.2.3 测试人员 A 放置商品后，试验车辆关闭货舱。

7.6.4.2.4 试验车辆应返回测试人员 B 的位置，测试人员 B 使用配送程序推送的方式密码或二维码解锁，打开舱门取出商品。

7.6.4.3 通过要求

试验车辆应满足以下要求：

- 试验车辆在接收到取货指令后准确抵达取货地点。
- 试验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。
- 试验车辆在配送商品时应同步推送给配送状态。
- 试验车辆没有配送商品错误的情况。

7.6.5 履约配送

7.6.5.1 测试场景

试验车辆对接分拣系统进行商品分拣并依照指令进行配送服务。

7.6.5.2 测试方法

7.6.5.2.1 测试人员在配送程序下单，试验车辆收到指令后前往分拣系统区域并抵达接货停靠位置。

7.6.5.2.2 试验车辆与分拣系统进行交互，自动开启货舱门并接收货品。在接收到货品放置完成信号后，关闭舱门。

7.6.5.2.3 试验车辆按照配送程序订单前往指定配送地点。在抵达配送位置后，测试人员使用配送程序推送的方式密码或二维码解锁，打开舱门取出商品。

7.6.5.2.4 在楼宇配送情况下，在试验车辆按照配送程序订单抵达配送位置后，试验车辆与楼宇机器人交互，自动开启舱门进行商品交接，完成配送服务。

7.6.5.3 通过要求

- 试验车辆准确停靠在接货停车位置。
- 试验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。
- 试验车辆与分拣系统正常通信和交互，完成车辆就位、货品放置的信号收发。

- 试验车辆完成配送后，测试人员点击收货完成或接收到楼宇机器人收货完成信号后，自动执行下一项配送任务。
- 试验车辆没有配送商品错误的情况。

中国智能交通产业联盟

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
标准

无人配送车功能场地试验方法及要求

T/ITS 0238-2024

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 10 月第一版 2024 年 10 月第一次印刷