

T/JSQX

江苏省汽车行业协会团体标准

T/JSQX 0024—2025

无人驾驶清扫装备运行安全测试规范

Safety test specification for driverless cleaning equipment

2025 - 12 - 25 发布

2026 - 01 - 25 实施

目 次

前 言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 通用测试要求	2
4.1 测试对象要求	2
4.2 测试环境要求	2
4.3 测试场地要求	2
4.4 测试过程要求	3
4.5 测试精度要求	3
4.6 测试通过条件	3
4.7 测试工具要求	3
5 通用测试项目	4
5.1 识别及响应交通信号	4
5.2 识别及响应道路交通基础设施与障碍物	8
5.3 识别及响应行人与非机动车	12
5.4 识别及响应周边车辆行驶状态	16
5.5 停车操作测试	19
5.6 通过交叉路口	22
5.7 通过特殊区域	25
5.8 自动紧急制动	26
5.9 接管	28
5.10 最小风险策略	29
6 清扫作业专项测试	31
6.1 概述	31
6.2 静态障碍物绕行清扫	31
6.3 启停作业衔接	31
6.4 垃圾识别与回收	32
6.5 特殊区域清扫	33
7 综合应用测试	33
7.1 测试道路	33
7.2 场景描述	33
7.3 测试过程	34
7.4 通过要求	34
8 网络与数据安全	34
8.1 装备信息安全	34
8.2 装备软件升级	34
8.3 自动驾驶数据记录	34
8.4 运行数据安全	34

附录 A (资料性) 测试装备参数和测试记录表.....	35
附录 B (规范性) 通用测试项目对应测试场地.....	37
参考文献.....	38

全国团体标准信息平台

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。

本文件由江苏省智能网联汽车标准化技术委员会（JS/TC47）提出并归口。

本文件起草单位：江苏智行未来汽车研究院有限公司、南京交通职业技术学院、常州工学院、江苏软件园科技发展有限公司、中汽创智科技有限公司、南京交通运营管理集团有限公司、南通智行未来车联网创新中心有限公司、南京信息工程大学南通研究院、南京邮电大学、溧阳市公安局交通管理局、扬州经济技术开发区工业和信息化局、华设设计集团股份有限公司。

本文件主要起草人：李宁、王众、华国栋、李贵炎、韩宗姗、吴峰、姚嘉玲、陈浩、司胜营、刘子薇、王紫玉、王中泽、张长宝、范亮、陈积含、金郁颀、许长勇、刘云平、赵海涛、史建刚、周田华、李玥、张路、张吉、明小梅。

无人驾驶清扫装备运行安全测试规范

1 范围

本文件规定了无人驾驶清扫装备运行安全测试的通用要求、测试项目、测试方法、通过条件与记录要求。

本文件适用于无人驾驶清扫装备在封闭测试场地、半开放道路或公共道路中开展的运行安全测试。本文件适用于无人驾驶清扫装备测试机构、装备生产企业及相关监管部门开展测试与评估工作。

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 5768.2 道路交通标志和标线 第2部分：道路交通标志
- GB 5768.3 道路交通标志和标线 第3部分：道路交通标线
- GB 5768.8 道路交通标志和标线 第8部分：学校区域
- GB 7258—2017 机动车运行安全技术条件
- GB/T 40429—2021 汽车驾驶自动化分级
- GB/T 43758.1—2024 智能网联汽车运行安全测试环境技术条件 第1部分：公共道路
- GB/T 43758.2—2024 智能网联汽车运行安全测试环境技术条件 第2部分：半开放道路
- GB 44495—2024 汽车整车信息安全技术要求
- GB 44496—2024 汽车软件升级通用技术要求
- GB 44497—2024 智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统
- GB/T 44850—2024 智能网联汽车运行安全测试项目和方法
- CJJ 45—2015 城市道路照明设计标准
- JTG B01—2019 公路工程技术标准
- JTG D20 公路路线设计规范
- T/JSQX 0017—2024 无人驾驶清扫装备通用技术要求

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

无人驾驶清扫装备 driverless cleaning equipment

具备GB/T 40429—2021中规定的4级及以上驾驶自动化水平的自动驾驶系统，最高运行时速不超过40 km/h（机动车道）/20 km/h（非机动车道），行驶于地面，实施路面清扫作业的装备。

3.2

测试装备 equipment under test: EUT

依据本文件开展运行安全测试的无人驾驶清扫装备。

3.3

目标车辆 target vehicle: TV

配合测试装备完成测试工作的乘用车、仿真车等设备。

[来源：GB/T 44850—2024，3.2，有修改]

3.4

自动紧急制动 automatic emergency braking

无人驾驶清扫装备实时监测前方道路行驶环境，并在可能发生碰撞危险时实施紧急减速和制动。

3.5

接管 take over

在无人驾驶清扫装备运行期间，由人工（现场或远程）临时或长期接管装备控制权的行为。

[来源：GB/T 43766—2024，3.5，有修改]

3.6

最小风险策略 minimal risk strategy

当无人驾驶清扫装备遭遇故障或超出设计运行范围时，采取靠边停车、开启警示灯等措施以降低安全风险的策略。

3.7

封闭测试场地 closed test site

专用于装备运行测试、与公共道路隔离且受控的模拟道路环境。

3.8

半开放测试道路 semi-open test road

装备经允许方可进入的厂矿、港口、园区、居住区等区域内用于运行安全测试的道路。

[来源：GB/T 43758.2—2024，3.1，有修改]

3.9

公共测试道路 public test road

供测试装备开展运行安全测试的公共道路。

注：包括城市道路、公路。

[来源：GB/T 43758.1—2024，3.1，有修改]

4 通用测试要求

4.1 测试对象要求

测试装备应符合以下要求：

- a) 测试装备的组成、性能、安全、标识标志等符合 T/JSQX 0017—2024 中第 5 章至第 8 章的规定；
- b) 测试装备在清扫作业时，速度 ≤ 15 km/h；
- c) 测试装备非清扫作业时：
 - 1) 机动车道行驶的速度 ≤ 30 km/h；
 - 2) 非机动车道行驶的速度 ≤ 15 km/h。

4.2 测试环境要求

如未表明特殊要求，所有测试均应在以下环境下进行：

- a) 无降雪、冰雹、扬尘等恶劣天气情况；
- b) 环境温度在 -20 °C ~ 45 °C之间；
- c) 水平能见度 ≥ 1 km；
- d) 测试场地电磁环境不应影响测试装备及测试工具的正常工作。

4.3 测试场地要求

测试场地应满足以下条件：

- a) 应为封闭测试场地、半开放测试道路或公共测试道路，并应符合 GB/T 44850—2024 中 5.1.3.2、GB/T 43758.2—2024 第 4 章至第 7 章和 GB/T 43758.1—2024 第 4 章至第 7 章的要求。
- b) 应包含非机动车道、机动车道及机非混行场景；
- c) 路面应为具有良好附着能力的混凝土或沥青路面；
- d) 交通标志标线应清晰、完好，符合 GB 5768.2 和 GB 5768.3 的规定；
- e) 照明条件应符合 CJJ 45—2015 中 3.3.1 和 3.4.1 的规定；
- f) 单车道路宽度宜 ≥ 3.5 m，双车道路宜 ≥ 7 m，并符合 JTG B01 和 JTG D20 的规定；
- g) 弯道路段应符合 JTG B01—2019 第 4 章的规定；
- h) 应包含变道、合流和分流等车道变化场景；

- i) 应包含道路施工、路口堵塞、临时停车等复杂路况场景。

4.4 测试过程要求

测试过程应满足以下要求：

- a) 测试申请方应提交测试装备参数表（参数表格式见附录表 A.1），测试实施前，应依据该参数表对测试装备进行符合性检查；
- b) 应根据附录 B 的要求，为各测试项目选择对应的测试场地类型；
- c) 可依据测试路线场景布置，将部分测试场景组合进行测试；
- d) 若需进行雨、雪、雾、霾等特殊天气条件下的测试，应能设置相应的自然环境并完成测试；
- e) 测试执行过程应满足以下要求：
 - 1) 除“接管”测试场景外，所有测试均应在测试装备处于无人驾驶状态下完成；
 - 2) 每个测试场景应进行 3 轮测试，若同一测试场景的前 2 轮测试均满足第 4.6 节及第 5 章、第 6 章相关条款的通过要求，可不进行该场景的第 3 轮测试；
 - 3) 每轮测试应一次性、不间断地完成所有规定的必选项目和选测项目；
 - 4) 测试期间不得对测试装备的软硬件进行任何调整或变更。
- f) 测试过程中记录内容应包括：
 - 1) 测试装备控制模式；
 - 2) 测试装备速度、加速度等运动状态；
 - 3) 环境感知与响应状态；
 - 4) 测试装备灯光、信号实时状态；
 - 5) 测试装备外部 360 度视频监控情况；
 - 6) 测试装备在非机动车道内的运行数据，至少包括速度控制、车道保持、与其他非机动车的交互行为。
- g) 测试过程中及完成后，应参照附录 A 的测试项目完成情况记录表（表 A.2），如实记录并确认各项测试的结果。

4.5 测试精度要求

测试所得数据的精度应满足以下要求：

- a) 测试装备和目标车辆速度测量误差：不超过 ± 2 km/h；
- b) 测试装备和目标车辆加速度测量误差：不超过 ± 0.5 m/s²；
- c) 测试装备和目标车辆相对横向距离测量误差：不超过 ± 0.1 m；
- d) 测试装备与目标车辆相对纵向距离测量误差：不超过 ± 0.1 m。

4.6 测试通过条件

测试装备通过测试，应满足以下条件：

- a) 在测试过程中，除为避险而采取的必要操作外，测试装备的行为不应违反交通规则；
- b) 测试装备的灯光、信号等外部指示装置在测试过程中应能正常工作；
- c) 测试装备在发生故障或系统失效时，应能及时发出清晰、有效的警告信号；
- d) 测试装备在行驶过程中，方向控制应准确、稳定，无影响安全的异常摆动或偏离；
- e) 测试装备应满足第 5 章、第 6 章中具体测试项目条款所规定的通过要求。

4.7 测试工具要求

为确保测试数据满足 4.5 规定的精度要求，所采用的测试工具其性能应至少满足以下要求：

- a) 测量精度应不低于 GB/T 44850—2024 中 5.1.2.2 b)、c)、d) 关于速度、加速度及距离测量的相应的要求；
- b) 动态数据采样频率应不低于 10 Hz；
- c) 测试工具应具备同步采集、记录并实现时间对齐的能力，至少覆盖以下三类数据源：
 - 1) 测试装备输出的外部数据，如车辆控制指令、系统状态等；
 - 2) 测试装备关键内部数据，如感知模块的输出结果、定位信息、决策规划日志等；

- 3) 测试场地环境的客观真值数据，如通过第三方高精度定位系统获取的车辆与目标物运动轨迹、视频监控数据等。

5 通用测试项目

5.1 识别及响应交通信号

5.1.1 概述

5.1.1.1 本测试项目旨在验证无人驾驶清扫装备对交通信号的识别与响应能力，评价其遵守交通规则的安全性。

5.1.1.2 测试内容应包括对交通信号灯、方向指示信号灯，以及限速标志、车道线、停车让行与减速让行标志标线、人行横道线等道路交通标识的识别与响应。

5.1.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况，增加闪光警告信号灯等场景的测试。

5.1.2 识别及响应交通信号灯

5.1.2.1 测试道路

测试道路应满足以下要求之一：

- a) 至少包含一条车道的机动车长直道，并设置交通信号灯；
- b) 单直道的非机动车道，并设置交通信号灯。

5.1.2.2 场景描述

测试装备匀速驶向交通信号灯，应能准确识别交通信号灯状态，按照交通信号灯指示停止或通行。示意图见图1。

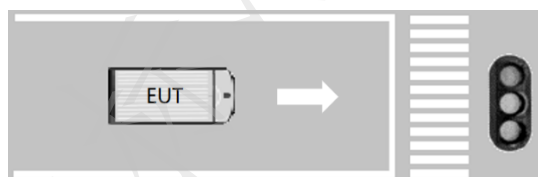


图1 识别及响应机动车信号灯测试场景

5.1.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式沿车道直行，驶向交通信号灯，交通信号灯初始状态为红色。在距离停止线30m前达到4.1规定的相应车道类型速度。测试装备停稳10s后，交通信号灯由红灯变为绿灯，测试装备应能自动转至无人驾驶模式通过路口。

5.1.2.4 通过要求

测试装备应满足以下通过要求：

- a) 测试装备应在红灯期间停车等待，不应越过停止线；
- b) 当交通信号灯由红灯变为绿灯后，测试装备应起步行驶，启动响应时间不应超过3s。

5.1.3 识别及响应方向指示信号灯

5.1.3.1 测试道路

测试道路为设有方向指示信号灯的十字交叉路口，接入路口的机动车道数不少于三条。

5.1.3.2 场景描述

测试装备根据其预设行驶方向（左转、直行或右转），沿相应车道驶向路口，应能准确识别对应方向指示信号灯的状态，并按其指示实现停车等待或通行。示意图见图2。

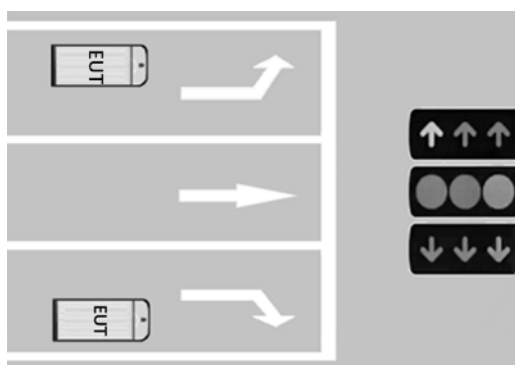


图2 识别及响应方向指示信号灯测试场景

5.1.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在距离停止线100 m前达到4.1规定的相应车道类型速度，沿车道右侧驶向方向指示信号灯。测试装备行驶方向对应方向指示信号灯初始状态为红色，待测试装备停稳10 s后，信号灯由红灯变为绿灯。应分别针对每个方向，测试装备对指示信号灯的识别和响应能力。

5.1.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 在红灯期间，应在停止线前安全停车且不越过停止线；
- b) 信号灯变为绿灯后，应能自动起步通行，启动响应时间不超过 3 s；
- c) 在起步通行前及整个转向过程中，应能正确开启与预设行驶方向一致的转向灯。

5.1.4 识别及响应限速标志

5.1.4.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道，并于该路段设置限速标志牌。

5.1.4.2 场景描述

测试装备以高于限速标志牌的速度驶向该标志牌，应能按照标志牌限速降速行驶。示意图见图3。



图3 识别及响应限速标志测试场景

5.1.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在距离限速标志50 m前宜达到限速标志所示速度的1.2倍，最高不超过30 km/h，并匀速沿车道右侧驶向限速标志。

5.1.4.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 测试装备到达限速标志时，行驶速度不应高于限速标志所示速度；
- b) 若清扫作业中，降速时无功能中断或异常，洒水压力稳定、垃圾无溢漏；
- c) 降速过程平稳，车身俯仰角 $\leq 3^\circ$ 。

5.1.5 识别及响应车道线

5.1.5.1 测试道路

测试道路应满足以下要求之一：

- a) 机动车车道：一条长直道和半径 ≤ 70 m弯道的组合，直道段车道线为白色虚线，弯道段为白色实线；
- b) 非机动车车道：一条长直道和半径 ≤ 30 m弯道的组合，直道段车道线为白色虚线，弯道段为白色实线。

注：弯道弧长应能保证测试装备以规定速度完成从入弯到出弯的完整过程，且宜 \geq 四分之一圆周长。

5.1.5.2 场景描述

测试装备匀速驶向弯道，应能识别车道线类型（实线/虚线），并在弯道保持轨迹稳定性，在直道虚线区域具备变道能力，且能平稳驶入和驶出弯道。示意图见图4。

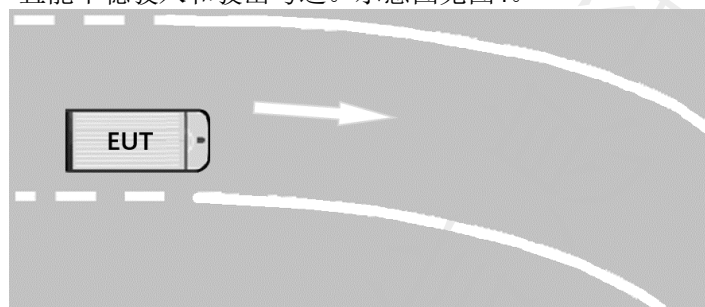


图4 识别及响应车道线测试场景

5.1.5.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在进入弯道100 m前达到4.1规定的相应车道类型速度，并匀速沿车道右侧行驶。

5.1.5.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 测试装备应始终保持在测试车道线内行驶，方向控制准确，不偏离正确行驶方向；
- b) 测试装备的车轮不应碰轧车道边线内侧；
- c) 测试装备应平顺地驶入弯道，无明显晃动；
- d) 弯道实线区域无变道行为。

5.1.6 识别及响应停车让行标志标线

5.1.6.1 测试道路

测试道路为机动车车道，至少包含一条车道的长直道，并于该路段设置停车让行标志牌和停车让行线。

5.1.6.2 场景描述

测试装备匀速驶向停车让行线，应能按照标志指示停车让行。示意图见图5。



图5 识别及响应停车让行标志标线测试场景

5.1.6.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在距离停车让行线100 m前达到4.1规定的相应车道类型速度，并匀速沿车道右侧驶向停车让行线。测试中，停车让行线前无车辆、行人等。

5.1.6.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 测试装备应在停止让行线前停车；
- b) 测试装备从识别停车让行标志标线至完全停稳的总时间不应超过 3 s。

5.1.7 识别及响应减速让行标志标线

5.1.7.1 测试道路

测试道路为单直道非机动车车道，并于该路段设置减速让行标线。

5.1.7.2 场景描述

测试装备匀速驶向减速让行线，应能按照标志指示减速让行。示意图见图6。

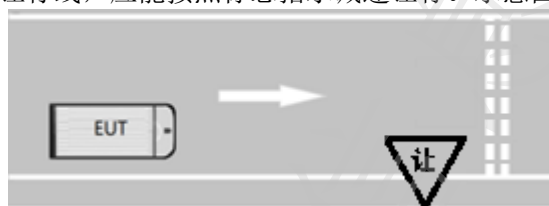


图6 识别及响应减速让行标志标线测试场景

5.1.7.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在距离减速让行线50 m前达到4.1规定的相应车道类型速度，并匀速沿车道右侧驶向停车让行线。测试中，减速让行线前无车辆、行人等。

5.1.7.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 测试装备应在减速让行线前减速至 ≤ 10 km/h；
- b) 测试装备的制动时间不应超过 5 s。

5.1.8 识别及响应人行横道线

5.1.8.1 测试道路

测试道路为至少包含一条长直道的机动车车道或非机动车单车道，并在路段内设置人行横道线。

5.1.8.2 场景描述

测试装备沿测试道路驶向人行横道线，应能减速通过人行横道线。示意图见图7。

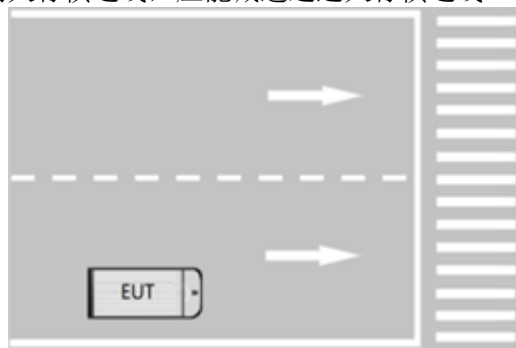


图7 识别及响应人行横道线测试场景

5.1.8.3 测试过程

测试过程应符合以下要求：

- a) 机动车车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离人行横道线 100 m 前达到 30 km/h 的速度，并匀速沿车道驶向停止线；
- b) 非机动车车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离人行横道线 50 m 前达到 15 km/h 的速度，并匀速沿车道驶向停止线；
- c) 测试中，人行横道线上无行人、非机动车等。

5.1.8.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 测试装备应能减速慢行通过人行横道线；
- b) 测试装备允许短时间停于人行横道线前方，但停止时间不超过 3 s；
- c) 在非机动车道测试时，装备通过人行横道线时与车道边缘距离应 ≥ 0.5 m。

5.2 识别及响应道路交通基础设施与障碍物

5.2.1 概述

5.2.1.1 本测试项目用于测试无人驾驶清扫装备对道路交通基础设施和障碍物的识别及响应，评价测试装备对前方障碍物的感知、决策及执行能力。

5.2.1.2 本测试项目应进行锥形交通路标、隔离栏、井盖、减速带、施工区域、移动围挡、路沿石和道路边缘等场景测试。

5.2.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关的障碍物类别。

5.2.2 识别及响应锥形交通路标

5.2.2.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道，或者非机动车单车道，在车道内垂直于道路方向并排分开放置3个锥形交通路标（推荐尺寸：底宽35 cm \times 高50 cm），锥桶中心间距为1.0 m \pm 0.1 m。

5.2.2.2 场景描述

测试装备匀速驶向前方障碍物，应能制动停止或转向绕行避免与锥形交通路标发生碰撞。示意图见图8。



图8 识别及响应锥形交通路标测试场景

5.2.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方锥形交通路标50 m前达到4.1规定的相应车道类型速度，并匀速沿车道右侧驶向前方障碍物。

5.2.2.4 通过要求

测试装备应能通过制动、转向或制动结合转向的方式避免与上述锥形交通路标发生碰撞。

5.2.3 识别及响应隔离栏

5.2.3.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道，或者非机动车单车道，于车道边缘、平行于车道方向放置隔离栏，隔离栏边缘距车道线横向距离为 ± 5 cm。

5.2.3.2 场景描述

测试装备匀速驶向前方障碍物，应能识别固定隔离栏并保持安全横向距离，避免接触。示意图见图9。

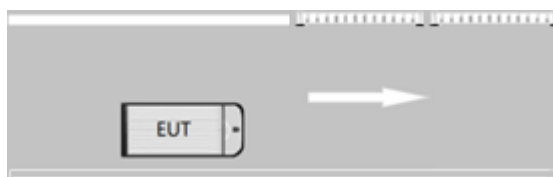


图9 识别及响应隔离栏测试场景

5.2.3.3 测试过程

测试过程满足以下要求：

- a) 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方隔离栏 100 m 前达到 30 km/h，并匀速沿车道中心线行驶；
- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方隔离栏 50 m 前达到 15 km/h，匀速靠车道右侧行驶，距右侧路缘 ≤ 0.5 m。

5.2.3.4 通过要求

测试装备应同时满足以下要求：

- a) 全程车轮不接触隔离栏；
- b) 保持稳定横向间距：机动车道 ≥ 0.3 m，非机动车道 ≥ 0.2 m；
- c) 方向控制平稳，横向加速度 ≤ 0.5 m/s²。

5.2.4 识别及响应井盖

5.2.4.1 测试道路

测试道路为机动车道或非机动长直道，车道内设置标准井盖（直径70 cm，中心凹陷深度3 cm）。

5.2.4.2 场景描述

测试装备应识别井盖，并低速平稳通过或安全绕行。示意图见图10。



图10 识别及响应井盖测试场景

5.2.4.3 测试过程

测试过程满足以下要求：

- a) 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方井盖 50 m 前达到 30 km/h 的行驶速度，距井盖 20 m 时减速至 ≤ 15 km/h，并匀速沿车道右侧驶向和通过目标物；
- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方井盖 30 m 前达到 15 km/h 的行驶速度，距井盖 10 m 时减速至 ≤ 10 km/h，并匀速沿车道右侧驶向和通过目标物。

5.2.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备通过井盖时，车身俯仰角 $\leq 3^\circ$ ，横向加速度 ≤ 1.0 m/s²；
- b) 若测试装备绕行，应满足：
 - 1) 不碾压井盖；
 - 2) 不越出车道线；
 - 3) 绕行轨迹平滑；

c) 全程无制动停车或方向失控。

5.2.5 识别及响应减速带

5.2.5.1 测试道路

测试道路为机动车道或者非机动车长直道，在车道内放置减速带。机动车道的减速带高度应为5 cm ~ 10 cm，非机动车道减速带高度应 \leq 5 cm。

5.2.5.2 场景描述

测试装备匀速驶向减速带，应能平稳行驶通过减速带。示意图见图11。



图11 识别及响应减速带测试场景

5.2.5.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离前方减速带 40 m 前达到 30 km/h 的行驶速度，距减速带 15 m 时减速至 \leq 20 km/h，并匀速沿车道右侧驶向该目标物；
- 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，距减速带 20 m 前达 15 km/h，距减速带 10 m 时减速至 \leq 10 km/h，并匀速沿车道右侧驶向该目标物。

5.2.5.4 通过要求

测试装备应减速通过减速带，不应直接制动停车，且通过后速度平稳恢复。

5.2.6 识别及响应施工区域

5.2.6.1 测试道路

测试道路为机动车道或非机动车道，并在路段内设置施工区域，其中：

- 机动车道：至少为两条车道的长直道，施工区占用 1 条车道，长度 \geq 30 m；
- 非机动车道：单车道直道，施工区完全封堵并设置围挡（预留通道宽度 1 m），长度 \geq 10 m。

5.2.6.2 场景描述

测试装备匀速驶向施工区域，识别施工区域警示标志，通过变道或绕行避免接触。示意图见图12。

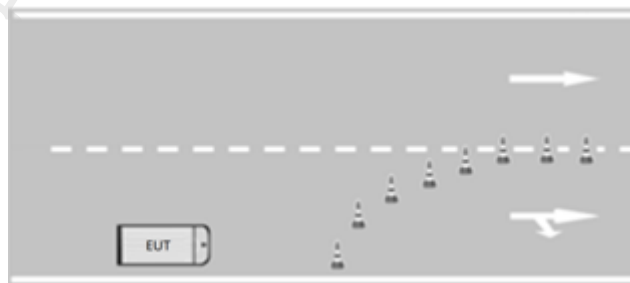


图12 识别及响应施工区域测试场景

5.2.6.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离施工区 100 m 前，以 30 km/h 的速度匀速行驶，当靠近施工区域时变道行驶，并通过施工区域；

- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离施工区 30 m 前，以 15 km/h 的速度匀速行驶，当靠近施工区域时变道行驶，并通过施工区域。

5.2.6.4 通过要求

测试装备通过施工区域时，满足以下要求：

- a) 横向安全距离 ≥ 0.5 m；
- b) 通过速度 ≤ 10 km/h。

5.2.7 识别及响应移动围挡

5.2.7.1 测试道路

测试道路为机动车道或非机动车道长直道，车道内设置可移动的施工围挡，围挡宽度 ≥ 1.5 m，高度 ≥ 1.0 m，具备缓慢移动能力（移动速度 ≤ 5 km/h）。

5.2.7.2 场景描述

测试装备匀速行驶过程中，前方出现缓慢横向移动的施工围挡，测试装备应能识别移动障碍物，并采取制动或绕行措施，避免碰撞。示意图见图13。

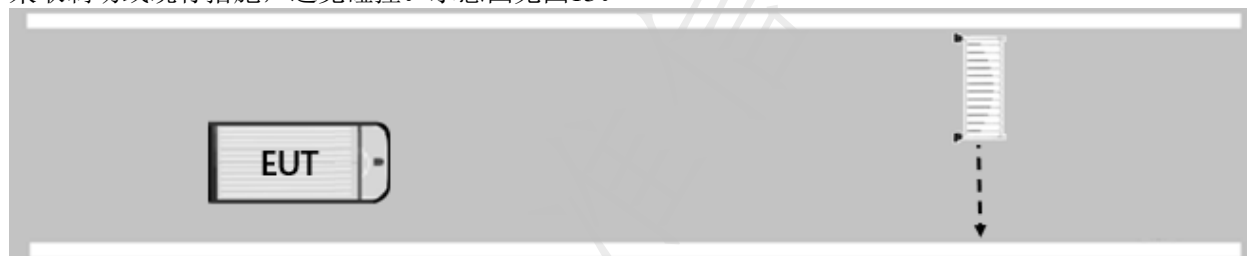


图13 识别及响应移动围挡测试场景

5.2.7.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- a) 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 30 km/h 速度匀速行驶，移动围挡自车道一侧以 3 km/h 速度横向移动进入车道，初始距离为 50 m；
- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 15 km/h 速度匀速行驶，移动围挡自车道一侧以 3 km/h 速度横向移动进入车道，初始距离为 30 m；
- c) 测试装备应实时识别围挡移动轨迹，并作出响应。

5.2.7.4 通过要求

测试装备应同时满足以下要求：

- a) 不与移动围挡发生碰撞；
- b) 采取制动或绕行措施时，横向加速度 ≤ 1.0 m/s²，车身俯仰角 $\leq 3^\circ$ ；
- c) 若绕行，不应越出本车道线；
- d) 制动或绕行过程中，清扫功能无中断，垃圾无溢漏；
- e) 全程保持稳定行驶，无急停或失控现象。

5.2.8 识别及响应路沿石与道路边缘

5.2.8.1 测试道路

测试道路应为具备清晰、完整路沿石（路缘石）的非机动车道长直道与弯道的组合路段，直道长度 ≥ 50 m，弯道半径 ≤ 50 m。路面应平整干燥，路沿石高度宜为 15 cm - 20 cm。

5.2.8.2 场景描述

测试装备以清扫作业模式沿道路右侧行驶，应能持续、稳定地识别路沿石或道路边缘，并为之保持一个预设的、恒定的安全距离，以实现高效清扫且不发生碰撞。本测试应在直道和弯道两种路况下进行，以评估其横向控制的精确性与稳定性。示意图见图14。



图14 识别及响应路沿石与道路边缘测试场景

5.2.8.3 测试过程

测试装备在无人驾驶及清扫作业模式下，沿车道右侧行驶，速度稳定在10 km/h -15 km/h，装备自动识别路沿石和道路边缘。装备应自主设定并与路沿石保持目标横向距离。

5.2.8.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- 装备右侧车轮与路沿石内侧的实测距离，与系统设定目标距离的误差应持续保持在 ± 0.15 m 范围内；
- 在弯道路段，装备能平顺跟随路沿石曲率，无脱离或明显修正，横向距离误差 $\leq \pm 0.15$ m，且无车轮骑压路沿石的现象；
- 全程未与路沿石发生任何形式的碰撞、刮蹭；
- 在整个沿边行驶过程中，清扫功能（如侧刷旋转、吸尘）持续正常作业，侧刷、吸口等部件未因距离控制不当而与路沿石发生干涉、卡滞或损坏；
- 方向控制平稳，无频繁且剧烈的修正动作，横向加速度 ≤ 0.5 m/s²。

5.3 识别及响应行人与非机动车

5.3.1 概述

5.3.1.1 本测试项目测试无人驾驶清扫装备对行人和非机动车的识别和响应，评价测试装备对前方行人和非机动车的感知、行为预测和响应能力。

5.3.1.2 本测试项目应进行行人横穿马路、行人沿道路行走、非机动车横穿马路、非机动车沿道路行驶、非机动车逆向行驶以及低光照环境下行人横穿马路等场景测试。

5.3.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关场景。

5.3.1.4 在完成基础单项测试后，宜将行人、非机动车等目标在人行横道、交叉路口等特定区域进行组合，设计并执行综合性的交互测试，以评估测试装备在真实环境下的综合性能。

5.3.2 识别及响应行人横穿马路

5.3.2.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道或非机动车单直道，并在路段内设置人行横道线。

5.3.2.2 场景描述

测试装备匀速驶向人行横道线，同时行人沿人行横道线横穿马路，两者存在碰撞风险。示意图见图15。

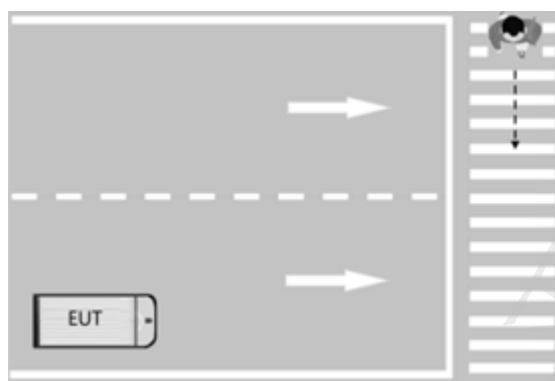


图15 识别及响应行人横穿马路测试场景

5.3.2.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 30 km/h 行驶，当距人行横道 50 m 时，行人自左侧路缘以 5 km/h 进入人行横道；
- 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 15 km/h 行驶，当距人行横道 30 m 时，行人自左侧路缘以 5 km/h 进入人行横道。

5.3.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应在行人所在车道前安全停止（机动车道：距行人 ≥ 1 m；非机动车道：距行人 ≥ 0.5 m）；
- 测试装备应待行人完全通过人行横道后才可起步；
- 测试装备应能自动启动继续行驶，启动时间不应超过 3 s；
- 非机动车道场景中，测试装备停车时车身距路缘 ≥ 0.5 m，重启后无急加速。

5.3.3 识别及响应行人沿道路行走

5.3.3.1 测试道路

测试道路为至少包含两条车道的机动车长直道，中间车道线为白色虚线，或者非机动车单车道直道。

5.3.3.2 场景描述

测试装备沿车道右侧匀速行驶，同时行人于装备正前方沿车道向前行走。示意图见图16。



图16 识别及响应行人沿道路行走测试场景

5.3.3.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离行人 50 m 前达到 30 km/h 的速度，并匀速沿车道右侧驶向行人，行人以速度为 5 km/h 沿同一方向前行；

- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离行人 20 m 前达到 15 km/h 的速度，并匀速沿车道右侧驶向行人，行人以速度为 5 km/h 沿同一方向前行。

5.3.3.4 通过要求

测试装备应能通过制动、转向或组合方式避让行人。

5.3.4 识别及响应非机动车横穿马路

5.3.4.1 测试道路

测试道路为至少包含两条车道的机动车长直道，或者非机动车单车道直道，路段内设置人行横道线。

5.3.4.2 场景描述

测试装备匀速驶向人行横道线，同时自行车正沿人行横道线横穿马路，两者存在碰撞风险。示意图见图17。

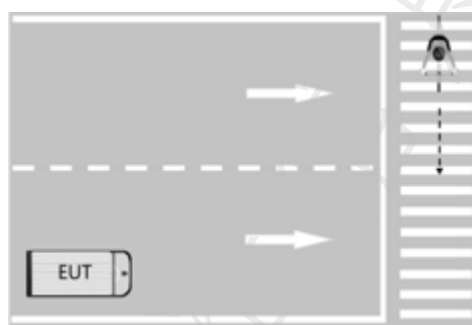


图17 识别及响应非机动车横穿马路测试场景

5.3.4.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式，以 30 km/h 的速度匀速行驶，当距人行横道线 20 m 时，自行车以 15 km/h 进入人行横道线，开始横穿马路。
- 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式，以 15 km/h 的速度匀速行驶，当距人行横道线 10 m 时，自行车以 15 km/h 进入人行横道线，开始横穿马路。

5.3.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 装备应在自行车所在车道前安全停止（机动车道：距自行车 ≥ 1 m；非机动车道：距自行车 ≥ 0.5 m）；
- 测试装备应待自行车完全通过人行横道后才可起步；
- 测试装备应能自动启动继续行驶，启动时间不应超过 3 s；
- 非机动车道场景中，测试装备停车时车身距路缘 ≥ 0.5 m，重启后无急加速。

5.3.5 识别及响应非机动车沿道路行驶

5.3.5.1 测试道路

测试道路为至少包含两条车道的机动车长直道，中间车道线为白色虚线，或者非机动车单车道直道。

5.3.5.2 场景描述

测试装备沿车道匀速行驶，同时自行车于装备前方沿车道向前行驶。示意图见图18。



图18 识别及响应非机动车沿道路行驶测试场景

5.3.5.3 测试过程

测试过程应满足以下条件：

- 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离自行车 20 m 前达到 30 km/h 的速度，并匀速沿车道右侧驶向自行车，自行车速度为 15 km/h；
- 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，在距离自行车 10 m 前达到 15 km/h 的速度，并匀速沿车道右侧驶向自行车，自行车速度为 15 km/h。

5.3.5.4 通过要求

测试装备应能通过制动、转向或组合方式避让自行车。

5.3.6 识别及响应非机动车逆向行驶

5.3.6.1 测试道路

测试道路为双向行驶的非机动车道，以实线分隔双向车道，路侧无固定障碍物。

5.3.6.2 场景描述

测试装备以清扫作业模式沿车道右侧匀速行驶，前方出现逆向行驶的电动车，两者存在对向冲突风险。测试装备应主动避让或制动，确保无碰撞且不越出车道。示意图见图19。



图19 非机动车逆向行驶测试场景示意图

5.3.6.3 测试过程

测试按以下流程执行：

- 测试装备在无人驾驶模式下，以 ≤ 15 km/h（清扫作业速度）沿车道右侧匀速行驶；
- 当测试装备行驶至基准点时，目标电动车以 10 km/h ± 2 km/h 速度从对向车道逆行接近，初始纵向距离为 20 m；
- 测试装备实时识别逆行目标，执行避让或制动策略；
- 记录避让动作触发点距逆行车距离、横向偏移量及制动减速度。

5.3.6.4 通过要求

测试装备应同时满足：

- 与逆行车最小横向距离 ≥ 0.5 m；
- 全程车轮不越出车道实线，横向偏移 ≤ 0.2 m；
- 避让过程中清扫功能无中断，垃圾无溢漏；

- d) 从识别逆行车到启动避让动作延迟 ≤ 1.0 s;
- e) 制动减速度 ≤ 2.5 m/s²。

5.3.7 识别及响应低光照环境下的行人与非机动车

5.3.7.1 测试道路

测试道路同5.3.2.1（机动车长直道或非机动车单直道，设有人行横道线）。测试应在夜间或无环境光的人工模拟暗光环境下进行。道路照明应符合CJJ 45—2015中次干路或支路的标准，或使用装备前照灯提供照明，测试区域照度应在5 lux至30 lux范围内。

5.3.7.2 场景描述

测试装备在夜间低光照条件下行驶，对横穿马路的行人或非机动车的识别与响应能力。本测试应覆盖行人穿着深色衣物和浅色衣物的对比情况。

5.3.7.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- a) 机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 20 km/h 的速度行驶。当距人行横道 30 m 时，行人自左侧路缘以 5 km/h 速度进入人行横道；
- b) 非机动车道：测试装备在无人驾驶模式下，以 10 km/h 的速度行驶。当距人行横道 20 m 时，行人自左侧路缘以 5 km/h 速度进入人行横道；
- c) 应分别测试行人穿着浅色衣物和深色衣物两种情况。

5.3.7.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备应在行人所在车道前安全停止（机动车道：距行人 ≥ 1.5 m；非机动车道：距行人 ≥ 0.8 m）；
- b) 对于穿着深色衣物的行人，其识别与制动响应可允许更晚，但应在碰撞前实现安全刹停；
- c) 测试装备应待行人完全通过人行横道后方可起步；
- d) 整个过程中，不应出现因光线变化导致的急刹、误识别（如将影子识别为障碍物）等异常行为。

5.4 识别及响应周边车辆行驶状态

5.4.1 概述

5.4.1.1 本测试项目测试无人驾驶清扫装备对周边车辆行驶状态的识别和响应，评价测试装备对周边车辆的感知、行为预测和响应能力。

5.4.1.2 本测试项目应进行识别及响应前方静止车辆、前方车辆变道、狭窄路段对向车辆场景测试，以及定速和变速跟车行驶场景测试。

5.4.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关场景。

5.4.2 识别及响应前方静止车辆

5.4.2.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道，或者非机动车单车道。

5.4.2.2 场景描述

测试装备匀速接近前方静止目标车辆，在遇到前车静止时应能减速并制动。示意图见图20。

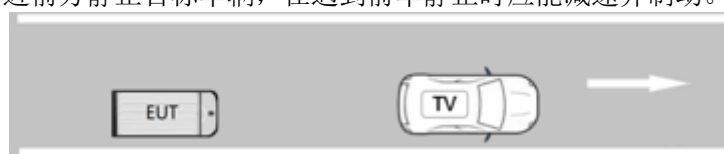


图20 识别及响应前方静止车辆测试场景

5.4.2.3 测试过程

测试过程应在无人驾驶模式下进行测试，并满足以下条件：

- 机动车车道：测试装备在距离前方静止目标车辆 100 m 前达到 30 km/h 的速度，并沿车道右侧匀速接近目标车辆；
- 非机动车车道：测试装备在距离前方静止目标车辆 50 m 前达到 15 km/h 的速度，并沿车道右侧匀速接近前方静止目标车辆；
- 测试装备应沿车道中心线或右侧行驶，其中心线与目标车辆中心线的横向距离偏差应全程保持在 0.5 m 以内。

5.4.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应在制动之前发出报警信息，至少包含光学和声学报警信号；
- 测试装备未与目标车辆发生碰撞。

5.4.3 识别及响应前方车辆变道

5.4.3.1 测试道路

测试道路为至少包含两条车道的机动车长直道，中间车道线为白色虚线，且测试装备前方 200 m 内无十字路口。

5.4.3.2 场景描述

测试装备和目标车辆在各自车道内匀速行驶，在测试装备接近目标车辆过程中，目标车辆驶入测试装备所在车道。示意图见图 21。

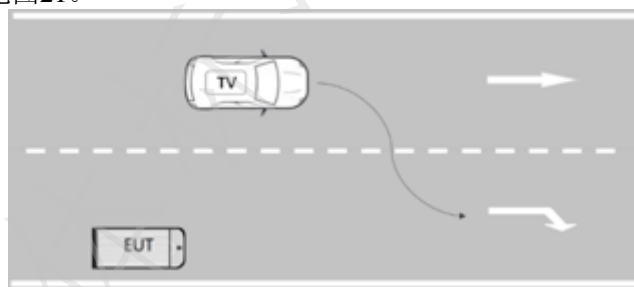


图 21 识别及响应前方车辆变道测试场景

5.4.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下以 30 km/h 的速度沿车道右侧匀速行驶，目标车辆以 25 km/h 的速度沿相邻车道右侧匀速同向行驶。当两车间距 ≤ 20 m 时，目标车辆切入测试装备所在车道。

5.4.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应根据目标车辆切入的距离和速度，自适应调整自身速度；
- 测试装备应与目标车辆保持安全距离不发生碰撞；
- 测试装备应在目标车辆切入后能稳定跟随目标车辆行驶。

5.4.4 识别及响应狭窄路段对向车辆

5.4.4.1 测试道路

测试道路应为双向单车道或有效通行路面宽度 ≤ 5 m 的机非混行道路，中间无物理隔离设施，车道线可为虚线或无标线。

5.4.4.2 场景描述

测试装备在车道内匀速行驶，对向有车辆相向驶来。由于道路狭窄，两车存在会车冲突风险。测试装备应能识别对向车辆，并采取合理的减速、靠右行驶等策略，安全完成会车。示意图见图22。

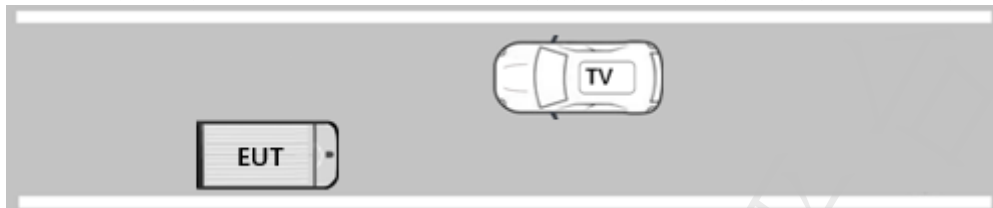


图22 识别及响应狭窄路段对向车辆测试场景

5.4.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以15 km/h的速度沿车道右侧匀速行驶，对向目标车辆以20-30 km/h的车速相向匀速行驶。两车初始纵向距离 ≥ 50 m。测试装备应实时识别对向车辆，并做出响应。

5.4.4.4 通过要求

测试装备应同时满足以下要求：

- a) 不与对向车辆发生任何碰撞；
- b) 采取明显的防御性驾驶策略，至少满足以下一项：
 - 1) 提前减速，会车时速度降至 ≤ 10 km/h；
 - 2) 在车道内向右靠拢，与对向车辆保持最小横向安全距离 ≥ 0.5 m。
- c) 避让过程平顺，无急刹或方向失控现象，车身横向加速度 ≤ 1.0 m/s²。
- d) 若处于清扫作业模式，会车过程中清扫功能无中断，垃圾无溢漏，刷具未与路缘石等发生碰撞。

5.4.5 定速跟车行驶

5.4.5.1 测试道路

测试道路为两侧车道线为实线的机动车长直道。

5.4.5.2 场景描述

测试装备沿车道接近前方匀速行驶的目标车辆，应能稳定跟车行驶。示意图见图23。

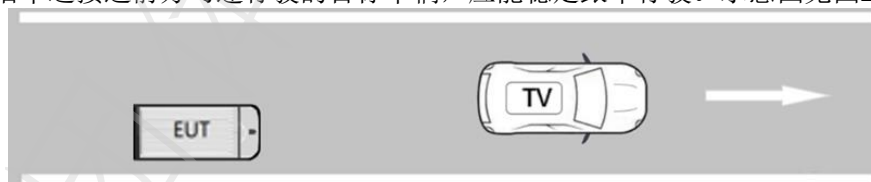


图23 定速跟车行驶测试场景

5.4.5.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以30 km/h的速度沿车道右侧匀速接近目标车辆，目标车辆以30 km/h的速度匀速行驶。

5.4.5.4 通过要求

测试装备应能识别目标车辆，并自适应调节速度，实现稳定跟随目标车辆行驶。

5.4.6 变速跟车行驶

5.4.6.1 测试道路

测试道路为两侧车道线为实线的机动车长直道。

5.4.6.2 场景描述

测试装备稳定跟随目标车辆行驶，目标车辆制动直至停止，一定时间后目标车辆起步加速。示意图见图24。

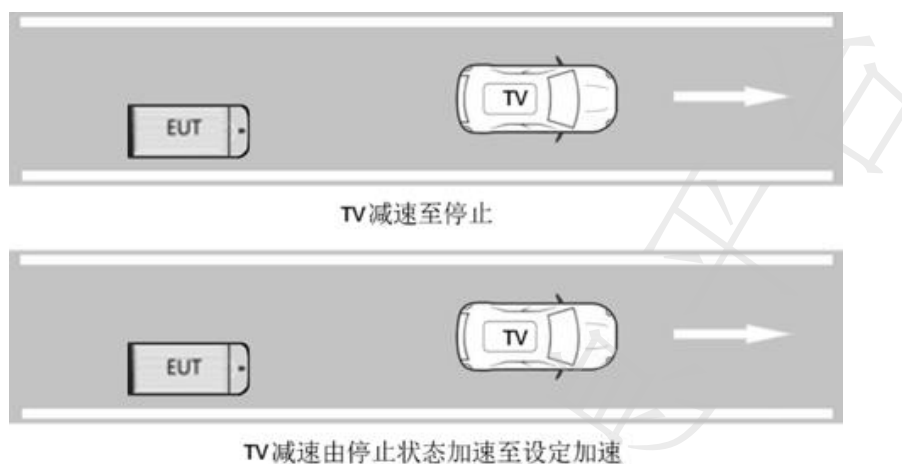


图24 变速跟车行驶测试场景

5.4.6.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，跟随前方目标车辆行驶，目标车辆以30 km/h匀速行驶。测试时，两车保持车道右侧行驶，测试装备稳定跟随目标车辆行驶至少3 s后，目标车辆减速直至停止。测试装备停止至少3 s后，目标车辆起步并加速恢复至30 km/h。

5.4.6.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 当目标车辆减速至停止后，测试装备应能跟随目标车辆停止，并未与目标车辆发生碰撞；
- b) 当目标车辆重新启动时，测试装备应在5 s内随其重新起步；
- c) 测试装备重新起步后，应能稳定跟随目标车辆行驶。

5.5 停车操作测试

5.5.1 概述

5.5.1.1 本测试项目旨在测试无人驾驶清扫装备在遇到驾驶风险时靠边停车的功能，评价测试装备最小风险状态实现的能力。

5.5.1.2 本测试项目应进行最右车道内靠边停车、指定位置停车、固定停车位停车、倒车预警、非机动车道内指定位置停车等场景测试。

5.5.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加靠边停车相关场景。

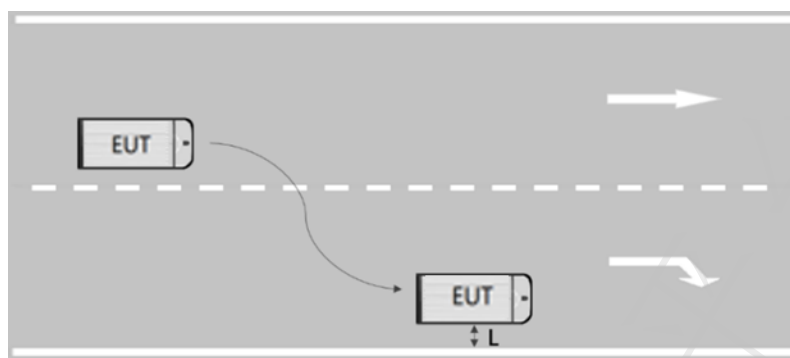
5.5.2 在最右车道靠边停车

5.5.2.1 测试道路

测试道路为至少包含两条车道的机动车长直道，中间车道线为虚线。

5.5.2.2 场景描述

测试装备在左车道内匀速行驶，应能靠边停车。示意图见图25。



L: 测试装备右侧轮胎距车道线内侧距离

图25 在最右车道靠边停车测试场景

5.5.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下以30 km/h的速度，沿车道右侧匀速行驶。通过预设的车载指令接口或远程控制终端，向测试装备发出靠边停车指令。

5.5.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应能够自动开启右侧转向灯，实现变道并停于右侧车道内；
- 测试装备应能一次性完成停车，不可出现倒车等动作；
- 测试装备停车后车身应基本平行于右侧车道，且右侧车轮距车道线内侧距离 ≤ 0.5 m；
- 测试装备停车后应能正确开启危险警告信号灯。

5.5.3 在指定位置停车

5.5.3.1 测试道路

测试道路为标线清晰的机动车长直道。

5.5.3.2 场景描述

测试装备在右侧车道内匀速行驶，应能在指定位置停车，示意图见图26。



图26 在指定位置停车测试场景

5.5.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下以30 km/h的速度，沿车道右侧匀速行驶。通过预设的车载指令接口或远程控制终端，提前设置测试装备的指定停车位置。测试装备在指定位置停车。

5.5.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 应能设置停车位置；
- 测试装备应能够自动开启右侧转向灯，实现变道并停于指定位置内；
- 测试装备停止后的中心点与设置停车位置的距离应 ≤ 0.5 m；

d) 测试装备停车后应能正确开启危险警告信号灯。

5.5.4 在固定停车位停车

5.5.4.1 测试道路

测试道路为标线清晰的机动车长直道，路侧设有划线清晰的固定停车位。

5.5.4.2 场景描述

测试装备在右侧车道内匀速行驶，应能在固定停车位停车，示意图见图27。



图27 在固定停车位停车测试场景

5.5.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下以30 km/h的速度，沿车道右侧匀速行驶。以适当方式向测试装备发出在固定停车位停车指令。

5.5.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应能够自动开启右侧转向灯，实现变道并停于右侧车道内；
- 测试装备停车后车身应完全在固定停车位内；
- 测试装备停车后应能正确开启危险警告信号灯。

5.5.5 倒车预警

5.5.5.1 测试道路

测试道路为机动车道或非机动车道。

5.5.5.2 场景描述

测试装备在倒车过程中，应能广播倒车信息，提示周边交通参与者注意安全。示意图见图28。



图28 倒车预警测试场景

5.5.5.3 测试过程

在无人驾驶模式下，以适当方式设置测试装备倒车。

5.5.5.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 警示信号应符合 GB 7258—2017 中 7.6.1 对倒车提示装置的要求，声音警示应清晰可辨，在装备后方 1 m 处的声压级应 ≥ 65 dB(A)，灯光警示应醒目；
- 非机动车道安全距离：倒车过程中，应与后方最近行人或非机动车保持 ≥ 3 m 的安全距离；

- c) 机动车道安全距离：倒车过程中，应与后方最近车辆保持 ≥ 5 m的安全距离，且未引发后车紧急制动。

5.5.6 非机动车道内指定位置停车

5.5.6.1 测试道路

测试道路包含非机动车道，在非机动车道内设置“清扫作业停靠点”标识，模拟测试装备在非机动车道内临时停靠场景。

5.5.6.2 测试场景

测试装备在指定位置停车。

5.5.6.3 测试过程

测试装备沿非机动车道以15 km/h行驶，识别“清扫作业停靠点”标识后，在指定位置停车，停靠时间不超过30 s。

5.5.6.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 停车后车身完全在非机动车道内，不占用机动车道或人行道；
- b) 启动后从非机动车道平稳驶出，行驶速度符合15 km/h限速要求。

5.6 通过交叉路口

5.6.1 概述

5.6.1.1 本测试项目旨在测试无人驾驶清扫装备的交叉路口通行能力，评价测试装备的路径规划和导航能力。

5.6.1.2 本测试项目应进行直行装备冲突通行、右转装备冲突通行、左转装备冲突通行三项场景测试。

5.6.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关场景。

5.6.2 直行通过十字路口

5.6.2.1 测试道路

测试道路为机动车道，至少包含双向两车道的十字路口。

5.6.2.2 场景描述

测试装备匀速行驶在标有直行和右转指示标线的车道直行通过该路口，目标车辆从测试装备右方横向驶入路口，两车存在碰撞风险。示意图见图29。

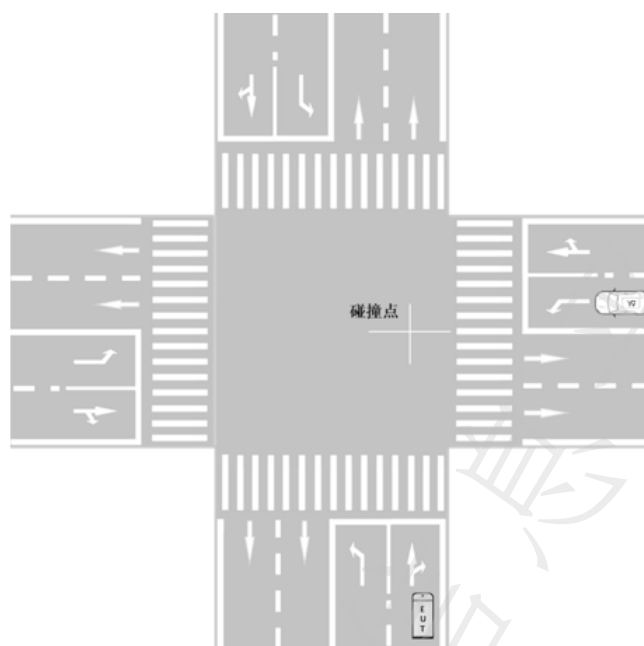


图29 直行通过十字路口测试场景

5.6.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以30 km/h的速度匀速驶向交叉路口，目标车辆以30 km/h匀速行驶。若测试装备保持当前行驶状态，两车可同时到达碰撞点。

5.6.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备不应与目标车辆发生碰撞；
- b) 测试装备应遵守右方来车先行的交通规则，实现通行并进入对应车道行驶。

5.6.3 右转通过十字路口

5.6.3.1 测试道路

测试道路为机动车道，至少包含双向两车道的十字路口。

5.6.3.2 场景描述

测试装备在标有直行和右转指示标线的车道内右转弯行驶通过该路口，同时路口横向左侧匀速直线行驶的目标车辆驶向测试装备，两车存在碰撞风险。示意图见图30。

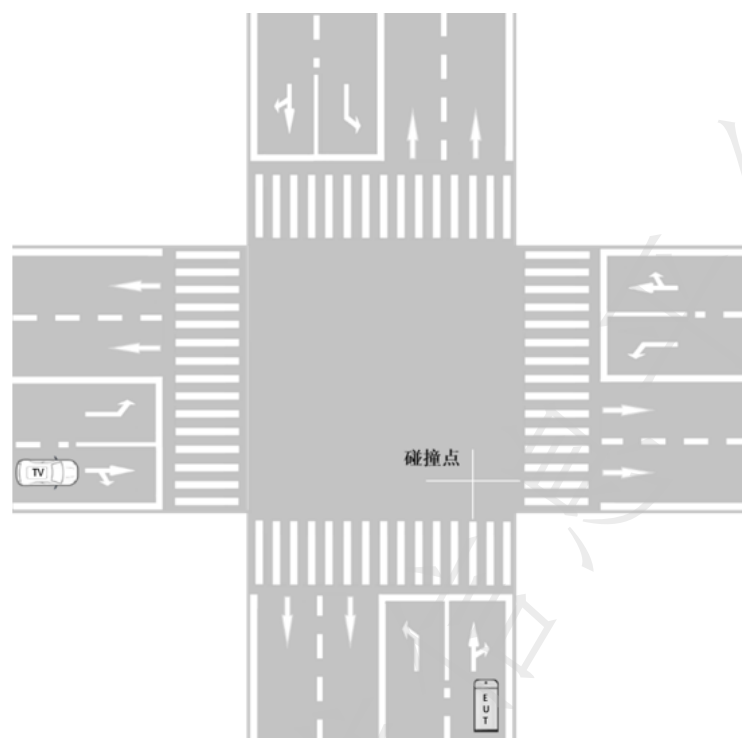


图30 右转通过十字路口测试场景

5.6.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以30 km/h的速度匀速驶向交叉路口，目标车辆以30 km/h匀速行驶。若测试装备保持当前行驶状态，两车可同时到达碰撞点。

5.6.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备不应与目标车辆发生碰撞；
- b) 测试装备应能开启正确转向灯；
- c) 测试装备应遵守直行优先的交通规则，实现右转通行并进入对应车道行驶。

5.6.4 左转通过十字路口

5.6.4.1 测试道路

测试道路为机动车道，至少包含双向两车道的十字路口。

5.6.4.2 场景描述

测试装备在标有直行和左转指示标线的车道内左转行驶通过该路口，同时对向车道存在匀速直线行驶的目标车辆。示意图见图31。

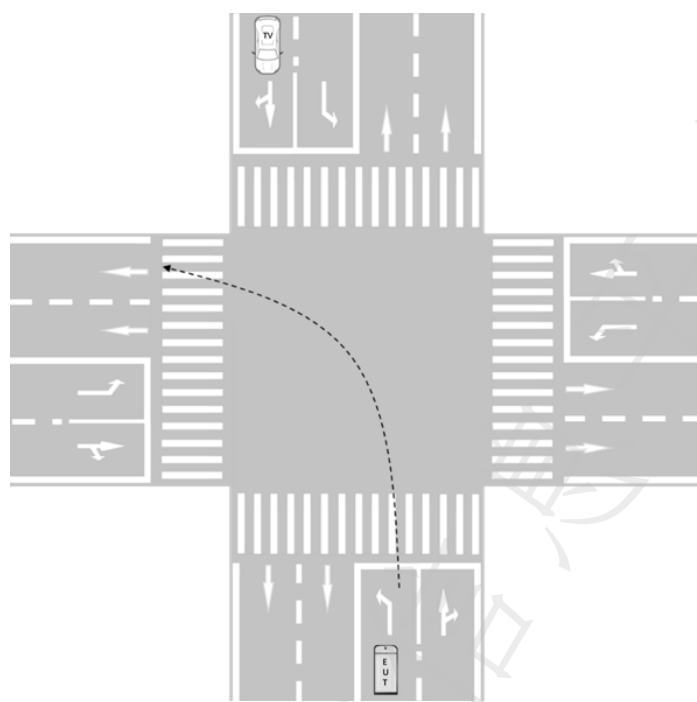


图31 左转通过十字路口测试场景

5.6.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以30 km/h的速度匀速驶向交叉路口，测试装备与交叉路口距离不足30 m时，目标车辆从对向车道以30 km/h的速度匀速驶出。

5.6.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备不应与目标车辆发生碰撞；
- b) 测试装备应能开启正确转向灯；
- c) 测试装备应遵守直行优先的交通规则，实现左转通行并进入对应车道行驶。

5.7 通过特殊区域

5.7.1 概述

5.7.1.1 本测试项目旨在验证无人驾驶清扫装备在特殊路况下的安全通行能力，重点评估其坡度适应性和特殊区域合规性。

5.7.1.2 本测试项目应进行通过上坡路段场景测试。

5.7.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关场景。

5.7.2 通过上坡路段

5.7.2.1 测试道路

测试道路为标线清晰的长直道，直道坡度宜满足以下要求：

- a) 机动车道：9% ~ 15%；
- b) 非机动车道：3% ~ 8%。

5.7.2.2 场景描述

测试装备应能在车道内沿直道上坡。示意图见图32。



图32 通过特殊区域测试场景

5.7.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，应能在本车道内沿直道上坡。

5.7.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备应能顺利驶上坡道，在过程中不发生溜坡和停车行为，对于非机动车道，爬坡过程横向偏移应 $\leq 0.2\text{ m}$ ；
- b) 测试装备应保持匀速行驶，速度范围应满足以下要求：
 - 1) 非作业模式下，机动车道和非机动车道的速度分别为 $30\text{ km/h}\pm 5\text{ km/h}$ 和 $10\text{ km/h}\pm 3\text{ km/h}$ ；
 - 2) 清扫作业模式下的速度： $10\text{ km/h} \sim 15\text{ km/h}$ 。
- c) 测试装备在驶出坡道后应能保持速度平稳，不发生急停和急加速行为。

5.8 自动紧急制动

5.8.1 概述

5.8.1.1 本测试项目旨在测试在发生碰撞危险时测试装备自动紧急制动的性能，评价其紧急避撞能力。

5.8.1.2 本测试项目应进行前车紧急制动、非机动车紧急制动、机动车道行人突然窜出、非机动车道行人突然窜出四项场景测试。

5.8.1.3 测试机构可根据实际测试路段情况增加相关场景。

5.8.2 识别及响应前车紧急制动

5.8.2.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的机动车长直道。

5.8.2.2 场景描述

测试装备跟随目标车辆以相同速度稳定行驶，目标车辆减速刹停，测试装备应能减速并紧急制动，示意图见图33。

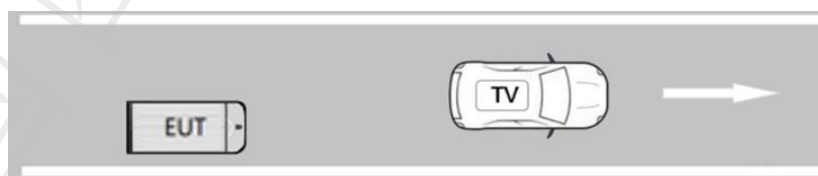


图33 识别及响应前车紧急制动测试场景

5.8.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，与前方目标车辆均以 30 km/h 的速度沿车道右侧匀速行驶，两车纵向间距保持在 $40\text{ m}\pm 5\text{ m}$ 范围内，横向距离偏差不得超过 0.5 m 。该状态维持至少 3 s 后，目标车辆以 5 m/s^2 的减速度刹停。

5.8.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备应在制动之前发出报警信息，至少包含声光报警信号；

b) 测试装备未与目标车辆发生碰撞。

5.8.3 识别及响应非机动车紧急制动

5.8.3.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的非机动车长直道。

5.8.3.2 场景描述

测试装备跟随非机动车以相同速度稳定行驶，非机动车减速刹停，测试装备应能减速并紧急制动。

5.8.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，与前方非机动车均以20 km/h的速度沿车道右侧匀速行驶，两车纵向间距保持在 $5\text{ m} \pm 3\text{ m}$ 范围内。该状态维持至少3 s后，前方非机动车以 3 m/s^2 的减速度刹停。示意图见图34。



图34 识别及响应非机动车紧急制动测试场景

5.8.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应在制动之前发出报警信息，至少包含声光报警信号；
- 测试装备未与非机动车发生碰撞；
- 制动后横向安全距离应 $\geq 0.5\text{ m}$ 。

5.8.4 识别及响应机动车道行人突然窜出

5.8.4.1 测试道路

测试车道为至少包含一条车道的机动车长直道。

5.8.4.2 场景描述

测试装备匀速行驶，前方存在行人横穿马路，测试装备应能减速并紧急制动。示意图见图35。



图35 识别及响应机动车道行人突然窜出测试场景

5.8.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以30 km/h的速度沿车道右侧匀速行驶，前方行人在距离测试装备15 m时以5 km/h的速度横穿马路。

5.8.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应在制动之前发出报警信息，至少包含声光报警信号；
- 测试装备未与目标行人发生碰撞；
- 测试装备应以制动为主要响应策略，不应执行主动的转向避让动作。

5.8.5 识别及响应非机动车道行人突然窜出

5.8.5.1 测试道路

测试车道为非机动车单车道。

5.8.5.2 场景描述

测试装备匀速行驶，前方存在行人横穿马路，测试装备应能减速并紧急制动。示意图见图36。

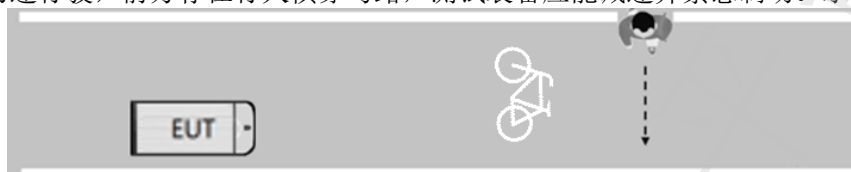


图36 识别及响应非机动车道行人突然窜出测试场景

5.8.5.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以15 km/h的速度沿车道右侧匀速行驶，前方行人在距离测试装备10 m时以5 km/h的速度横穿马路。

5.8.5.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 测试装备应在制动之前发出报警信息，至少包含声光报警信号；
- b) 测试装备最终停止在非机动车道内，不占用机动车道，停止位置距行人 ≥ 0.5 m。

5.9 接管

5.9.1 概述

5.9.1.1 本测试项目旨在验证无人驾驶清扫装备在人工干预场景下控制权切换的可靠性与安全性，重点评估在远程通信正常与异常两种情况下，装备的响应机制和执行能力。

5.9.1.2 本测试项目应进行现场紧急接管、远程接管两项场景测试。

5.9.2 现场接管

5.9.2.1 测试道路

测试车道为至少包含一条车道的长直道。

5.9.2.2 场景描述

模拟装备与远程控制平台的通信链路中断，测试装备应能通过车载紧急接管按钮、急停开关等物理接口，响应现场人员的紧急介入，并执行安全停车。

5.9.2.3 测试过程

测试过程应满足以下要求：

- a) 测试装备在无人驾驶模式下，以4.1规定的相应车道类型速度沿车道右侧匀速行驶；
- b) 激活通信干扰设备，模拟远程通信链路完全中断；
- c) 现场操作人员触发车载紧急停车按钮（物理开关）；
- d) 观察并记录测试装备的响应过程。

5.9.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 在通信中断状态下，装备应能在3 s内检测到通信故障，并通过声光报警等方式向现场警示；
- b) 现场紧急停车按钮被触发后2 s内，装备应立即开始执行紧急制动程序；
- c) 制动过程应平稳、可控，最终在车道内安全停稳；
- d) 停车后，应自动激活危险警告灯，并保持锁定状态，直至通过现场物理操作复位；
- e) 整个接管与停车过程不依赖任何远程指令。

5.9.3 远程接管

5.9.3.1 测试道路

测试车道为至少包含一条车道的长直道，可设置锥形交通路标、隔离栏、车辆等障碍物，模拟无法通行路段。

5.9.3.2 场景描述

测试装备在遇到道路交通管控、无法自主通行、装备故障、无人驾驶系统失效等情况下，应能按照远程人工控制的指令要求，靠路边应急停车或驶离当前道路。示意图见图37。

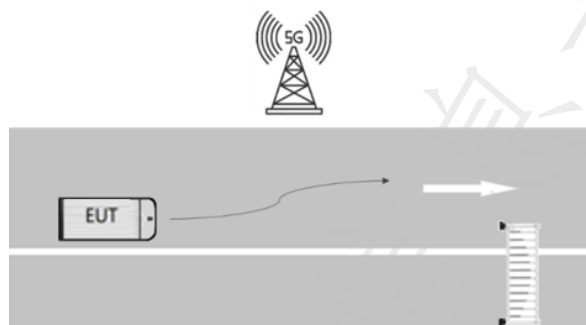


图37 远程遥控测试场景

5.9.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以4.1规定的相应车道类型速度沿车道右侧匀速行驶，按照远程控制指令驶离受限路段。

5.9.3.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备应模拟无人驾驶系统失效后，通过遥控方式靠路边停车；
- 测试装备应能通过制动、转向、倒退或组合方式避免与上述障碍物发生碰撞，并离开无法通行路段。

5.10 最小风险策略

5.10.1 概述

5.10.1.1 本测试项目旨在验证无人驾驶清扫装备遭遇运行风险时自主实施最小风险策略的能力，确保其在道路封堵或系统失效等场景下采取合规避险措施。

5.10.1.2 本测试项目应进行应对封堵路段、应对卫星导航信号干扰、应对传感器故障等场景测试。

5.10.2 应对封堵路段

5.10.2.1 测试道路

测试道路为单车道非机动车道，道路被施工围挡完全封堵。

5.10.2.2 场景描述

测试装备应能对道路可通行状态进行识别，不应与障碍物发生碰撞。示意图见图38。



图38 应对封堵路段测试场景

5.10.2.3 测试过程

测试装备在距离封堵路段100 m前，以15 km/h的速度沿车道右侧匀速行驶，识别施工围挡后，减速，并选择最小风险路径通行或停车。

5.10.2.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- 测试装备识别非机动车道封堵后，应选择最小风险路径（如从临时通道通行或绕行机动车道）；
- 导航信号丢失时，应能启动冗余导航系统（如惯性导航、激光 SLAM 等），并保持横向控制精度，无明显偏离预定路径；
- 通行过程中测试装备速度不超过 10 km/h；
- 装备应能发出表明其处于设计运行范围之外的明确提示信息；
- 无碰撞围挡风险。

5.10.3 应对卫星导航信号干扰

5.10.3.1 测试道路

测试车道为至少包含一条车道的长直道。

5.10.3.2 场景描述

在受到外部卫星导航信号干扰的情况下，测试装备应能继续行驶，不发生行驶偏离现象。示意图见图39。

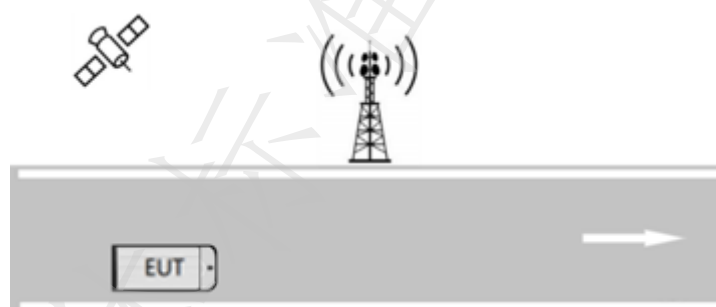


图39 应对卫星导航信号干扰测试场景

5.10.3.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以4.1规定的相应车道类型速度沿车道右侧匀速行驶。在行驶过程中，通过外部干扰源施加干扰，使测试装备的卫星导航接收机失去位置信息，检验其在此状态下的行驶稳定性。

5.10.3.4 通过要求

测试装备应能稳定行驶，未产生行驶路线偏移现象。

5.10.4 应对传感器故障

5.10.4.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的长直道。

5.10.4.2 场景描述

模拟摄像头或激光雷达等关键传感器发生故障（如数据丢失、信号异常），测试装备应能检测到传感器异常，并执行最小风险策略。

5.10.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下以规定速度行驶，通过模拟或实际断开传感器信号，触发传感器故障。观察装备是否能在故障后安全停车或采取预设最小风险行为。

5.10.4.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 检测到传感器故障后，应在 5 s 内发出声光报警；
- b) 应在 10 s 内开始执行最小风险策略（如靠边停车、开启双闪）；
- c) 停车过程中不应发生碰撞、失控或偏离车道；
- d) 若具备冗余传感器，应能切换至备用感知系统并继续安全行驶；
- e) 故障信息应记录并上传至监控平台。

6 清扫作业专项测试

6.1 概述

6.1.1 本测试项目旨在专项验证无人驾驶清扫装备在典型作业模式下的综合性能，重点评估其清扫功能与自动驾驶系统的协同性、作业过程的安全性以及特定作业场景下的适应性。

6.1.2 本测试项目应进行静态障碍物绕行清扫、启停作业衔接、垃圾识别与回收、以及特殊区域清扫四项场景测试。

6.1.3 测试机构可根据装备具体功能增加相关测试内容。

6.2 静态障碍物绕行清扫

6.2.1 测试道路

测试道路为至少包含一条车道的非机动车道长直道，路面干净、平整。在车道内不规则放置3-5个标准锥形交通路标（底宽35 cm × 高50 cm），模拟路灯、树木等固定障碍物。

6.2.2 场景描述

测试装备在清扫作业模式下驶入测试道路，应能识别前方障碍物，在确保清扫覆盖率的的前提下，自动规划路径绕行通过，且不发生碰撞。示意图见图40。

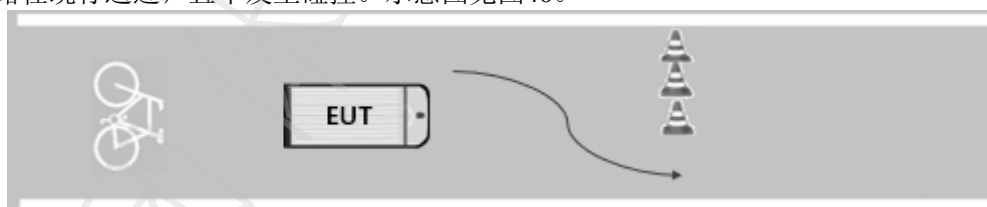


图40 静态障碍物绕行清扫测试场景

6.2.3 测试过程

测试装备在无人驾驶及清扫作业模式下，以 10 km/h~15 km/h 的速度进入测试路段。装备应自主识别障碍物并完成绕行清扫。记录其绕行轨迹、与障碍物的最小距离及清扫动作的连续性。

6.2.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 不与任何障碍物发生碰撞，最小安全距离 ≥ 0.3 m。
- b) 绕行全程，清扫功能（主刷/侧刷旋转、吸尘）无中断；
- c) 绕行轨迹平滑，无明显急转或卡顿，绕行后能自动回归预设的沿边或贴线清扫模式；
- d) 绕行过程中，侧刷应对障碍物周边区域进行有效清扫，无明显漏扫区域；
- e) 在绕行并通过测试路段后，对预设可清扫区域的有效清扫覆盖率不应低于 95%。

6.3 启停作业衔接

6.3.1 测试道路

测试道路为非机动车道长直道。

6.3.2 场景描述

测试装备在清扫作业中因遇红灯或前方障碍物而停车，待条件允许后自动起步并恢复清扫。本场景测试装备作业系统在启停工况下的平顺性与连贯性。示意图见图41。



图41 启停作业衔接测试场景

6.3.3 测试过程

测试装备在清扫作业模式下以15 km/h速度行驶，在指定位置（如模拟红灯信号）完全停止，持续10 s后，接收通行信号并自动起步，恢复清扫作业行驶。

6.3.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 制动和起步过程平顺，车身俯仰角变化 $\leq 3^\circ$ ；
- b) 停车时，清扫系统可进入待机或低速模式；起步后，应在3 s内自动恢复至正常作业功率；
- c) 启停过程中，垃圾箱内已收集的垃圾无溢漏，水箱（如有）无泄漏。

6.4 垃圾识别与回收

6.4.1 测试道路

测试道路为非机动车道长直道。在车道内预先撒布标准测试物（如粒径2 mm~10 mm的沙石、树叶混合物，总质量2 kg），形成长5 m、宽1 m的污染带。

6.4.2 场景描述

测试装备应能识别前方路面上的垃圾污染物，并行驶至目标区域执行有效的清扫回收作业。示意图见图42。

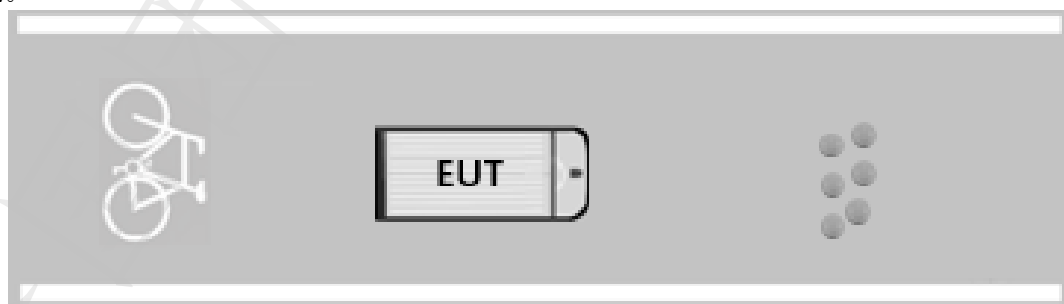


图42 垃圾识别与回收测试场景

6.4.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，以15 km/h的清扫作业速度驶向并通过污染带。测试前与测试后分别称量收集仓内垃圾质量。

6.4.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件：

- a) 对标准测试物的清扫回收率 $\geq 90\%$;
- b) 清扫通过后,路面无明显的垃圾残留或扬尘污染;
- c) 装备应能感知到污染带并伴有预设自动行为,如自动启动/增强喷水降尘功能。

6.5 特殊区域清扫

6.5.1 测试道路

测试道路应包含一个类似十字路口的开阔区域(半径 $\geq 5\text{ m}$)或一个 90° 的直角弯道。

6.5.2 场景描述

测试装备应能驶入开阔区域或直角弯道,并对该区域进行有效的路径规划与覆盖清扫,确保区域清扫无死角。示意图见图43。



图43 特殊区域清扫场景测试

6.5.3 测试过程

测试装备在无人驾驶及清扫作业模式下,从入口驶入测试区域,对该区域执行清扫任务,完成后驶出。

6.5.4 通过要求

测试装备应同时满足以下条件:

- a) 对指定区域的面积覆盖率 $\geq 95\%$;
- b) 在转弯和调头过程中,车身及外扩的清扫部件不与路沿石、墙角等发生碰撞;
- c) 在 5 min 内完成对不少于 100 m^2 区域的清扫任务。

7 综合应用测试

7.1 测试道路

测试道路为至少包含第5章和第6章的测试场景道路。

7.2 场景描述

7.2.1 测试装备在无人驾驶模式下,对于同时包含机动车道和非机动车道的场景,应全程优先使用非机动车道,仅在非机动车道受阻时按规定借道。

7.2.2 测试装备应能按照设定的行驶路线和10个以上的测试场景,通过连续的测试场景测试。

7.3 测试过程

测试装备在无人驾驶模式下，启动后沿车道右侧匀速行驶，通过10个以上的测试场景，并到指定的位置停止。

7.4 通过要求

测试装备应满足以下要求：

- a) 按照每个测试场景的通过要求，通过相应的测试，且符合 4.6 规定的要求；
- b) 连续通过 10 个测试场景后，整机功耗偏差 $\leq 5\%$ 。

8 网络与数据安全

8.1 信息安全

装备信息安全应按照GB 44495—2024中8.3的要求开展测试。

8.2 软件升级

装备软件升级应按照GB 44496—2024第6章的要求开展测试。

8.3 自动驾驶数据记录

自动驾驶数据记录应符合GB 44497—2024第6章中6.1、6.2、6.4和6.5的要求。

8.4 运行数据安全

8.4.1 装备应实时回传运行数据（包括装备在机动车道和非机动车道内的位置、速度、加速度、与其他非机动车的距离），事故或故障发生时，应存储机动车道和非机动车道内事故前 90 s 及事故后 30 s 的清扫系统开关状态、电池负载率等数据，存储时间不少于 1 年。

8.4.2 运行数据应无丢失、篡改，数据传输应符合网络安全等级保护要求。

附录 A
(资料性)
测试装备参数和测试记录表

表A.1示出了测试装备基本参数的记录表示例。

表A.1 测试装备参数表

测试企业					
装备类型		装备型号			
制造厂名称		出厂日期			
装备颜色		外廓尺寸(长宽高)	m	m	m
装备设计最高速度 (km/h)		满载清扫作业 续驶里程(km)			
轮距(mm)		轮胎规格			
轮胎数		电机功率(kW)			
整备质量(kg)		最大装载质量(kg)			
爬坡能力(%)		坡道起步能力(%)			
倾斜稳定性(°)		涉水性能(mm)			
远程接管功能(有/无)		网络通信方式	4G□ 5G□ V2X□ 其他: ___		
自动驾驶系统软件版本		摄像头(前/侧/后)型号			
超声波雷达型号		激光雷达型号			
毫米波雷达型号		高精度定位模块型号			

表A.2给出了各测试项目完成情况的记录表示例。

表A.2 测试项目完成情况记录

序号	测试项目类别	测试项目	测试结果(√)	备注
1	交通信号识别及响应	<input type="checkbox"/> 交通信号灯		
		<input type="checkbox"/> 方向指示信号灯		
		<input type="checkbox"/> 限速标志		
		<input type="checkbox"/> 车道线		
		<input type="checkbox"/> 停车让行标志标线		
		<input type="checkbox"/> 减速让行标志标线		
		<input type="checkbox"/> 人行横道线		
2	道路交通基础设施与障碍物识别及响应	<input type="checkbox"/> 锥形交通路标		
		<input type="checkbox"/> 隔离栏		
		<input type="checkbox"/> 井盖		
		<input type="checkbox"/> 减速带		
		<input type="checkbox"/> 施工区域		
		<input type="checkbox"/> 移动围挡		
		<input type="checkbox"/> 路沿石与道路边缘		
3	行人与非机动车识别及响应	<input type="checkbox"/> 行人横穿马路		
		<input type="checkbox"/> 行人沿道路行走		
		<input type="checkbox"/> 非机动车横穿马路		
		<input type="checkbox"/> 非机动车沿道路行驶		
		<input type="checkbox"/> 非机动车逆向行驶		
		<input type="checkbox"/> 低光照环境下的行人与非机动车		

表 A. 2 (续) 测试项目完成情况记录

序号	测试项目类别	测试项目	测试结果 (√)	备注
4	周边车辆行驶状态识别及响应	<input type="checkbox"/> 前方静止车辆		
		<input type="checkbox"/> 前方车辆变道		
		<input type="checkbox"/> 狭窄路段对向车辆		
		<input type="checkbox"/> 定速跟车行驶		
		<input type="checkbox"/> 变速跟车行驶		
5	停车操作测试	<input type="checkbox"/> 在指定位置停车		
		<input type="checkbox"/> 最右车道内靠边停车		
		<input type="checkbox"/> 在固定停车位停车		
		<input type="checkbox"/> 倒车预警		
		<input type="checkbox"/> 非机动车道内指定位置停车		
6	交叉路口通行	<input type="checkbox"/> 直行通过十字路口		
		<input type="checkbox"/> 右转通过十字路口		
		<input type="checkbox"/> 左转通过十字路口		
7	通过特殊区域	<input type="checkbox"/> 通过上坡路段		
8	自动紧急制动	<input type="checkbox"/> 前车紧急制动		
		<input type="checkbox"/> 非机动车紧急制动		
		<input type="checkbox"/> 机动车道行人突然窜出		
		<input type="checkbox"/> 非机动车道行人突然窜出		
9	接管	<input type="checkbox"/> 现场接管		
		<input type="checkbox"/> 远程接管		
10	最小风险策略	<input type="checkbox"/> 应对封堵路段		
		<input type="checkbox"/> 应对卫星导航信号干扰		
		<input type="checkbox"/> 应对传感器故障		
11	清扫作业专项测试	<input type="checkbox"/> 静态障碍物绕行清扫		
		<input type="checkbox"/> 启停作业衔接		
		<input type="checkbox"/> 垃圾识别与回收		
		<input type="checkbox"/> 特殊区域清扫		
12	综合应用测试	<input type="checkbox"/> 通过综合应用测试		测试道路类型：_____
				包含场景数量：___个
				测试日期：_____
13	网络与数据安全	<input type="checkbox"/> 信息安全		
		<input type="checkbox"/> 软件升级		
		<input type="checkbox"/> 自动驾驶数据记录		
		<input type="checkbox"/> 运行数据安全		
<p>注1：开展测试时，在已测试项目前对应框□中打√。</p> <p>注2：综合应用测试为必测项目，需记录关键信息。</p> <p>注3：网络与数据安全测试项目依据引用标准执行。</p> <p>注4：各项目详细测试数据（如速度轨迹、距离、报警信号等）应按4.4要求单独记录，作为本记录的附件。</p>				

附 录 B
(规范性)
通用测试项目对应测试场地

表B.1规定了通用测试项目中对应测试场地要求。

表B.1 通用测试项目对应测试场地

序号	测试项目	封闭测试场地	半开放测试道路	公共测试道路
1	识别及响应交通信号	●	●	●
2	识别及响应道路交通基础设施与障碍物	●	●	●
3	识别及响应行人与非机动车	●	●	●
4	识别及响应周边车辆行驶状态	●	●	●
5	停车	●	●	—
6	通过交叉路口	●	●	●
7	通过特殊区域	●	●	●
8	自动紧急制动	●	—	—
9	接管	●	●	—
10	最小风险策略	●	●	—
11	清扫作业专项测试	●	●	●
12	综合应用测试	●	●	●
13	网络与数据安全	●	●	●
注1: ●表示该测试项目适用于此类测试场地。				
注2: —表示该测试项目不适用于此类测试场地。				

参 考 文 献

- [1] GB/T 43766—2024 智能网联汽车运行安全测试技术要求
-

全国团体标准信息平台