

团 体 标 准

T/SZITS 002.9—2021

低速无人车城市商业运营安全管理规范 第9部分 关键技术、部件、车路协同及检测认证方法

Specification for safety management of urban commercial
operation of low-speed unmanned vehicles
Part IX Key technologies, components and parts, vehicle road
coordination technologies, testing and certification methods

2021 - 10 - 28 发布

2022 - 01 - 01 实施

目 次

前 言	III
1 范围	5
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	6
4 主要性能	6
4.1 最高行驶车速	6
4.2 系统制动	6
4.3 紧急停车	6
4.4 自主行驶能力	7
4.5 远程接管	8
4.6 道路自主行驶功能	9
5 车辆安全要求	11
5.2 行驶系	11
5.3 转向系	11
5.4 制动系	12
5.5 照明、警示装置和噪声环保	13
5.6 车身	13
6 信息安全要求	14
6.1 基础原则	14
6.2 身份识别	14
6.3 非授权（非法）操作处理	14
6.4 信息可溯源	14
6.5 个人信息安全	14
6.6 数据安全和云端服务安全	14
6.7 在线监控数据要求	15
7 网络通信设备与车载系统安全要求	15
7.1 通则	15
7.2 数据安全要求	16
7.3 OTA 可控升级	16
7.4 通信安全与网络设备要求	16
8 运营数据收集要求	17
8.1 数据收集类型	17
8.2 安全统计	18
8.3 隐私保护	18
9 关键部件技术要求	18
9.1 电机	18
9.2 核心传感设备	19
9.3 动力电池的要求	20

9.4 其他技术要求	20
10 高精度地图	20
10.1 数据构成	20
10.2 技术要求	20
11 对车路协同的要求	21
11.1 对车路协同应用场景的需求	21
11.2 面向低速无人车的车路协同智能感知设备	22
11.3 面向低速无人车的车路协同通信设备	22
11.4 信息发布设备	22
11.5 面向低速无人车的车路协同平台的技术要求	22
11.6 车路协同及停靠点安全要求	23
12 认证检测流程	25
13 运行考核	25
附 录 A （规范性）低速无人车试验方法.....	26
附 录 B （规范性）底盘检测方法.....	30
附 录 C （规范性）自主行驶能力测试规程.....	36
附 录 D （建议性）货物配送及移动零售类低速无人车的场景能力测试方法.....	49
附 录 E （规范性）安全运行项目检验方法.....	55
附 录 F （规范性）低速无人车数据记录器参数.....	57
附 录 G （规范性）低速无人环卫保洁车的准入测试方法.....	58

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。

T/SZIT 002-2021《低速无人车城市商业运营安全管理规范》分为以下9大部分：

- 第1部分T/SZIT 002.1-2021：术语与定义
- 第2部分T/SZIT 002.2-2021：通用要求
- 第3部分T/SZIT 002.3-2021：商业运营管理流程、监管存证要求及保险流程
- 第4部分T/SZIT 002.4-2021：货物配送低速无人车
- 第5部分T/SZIT 002.5-2021：环卫保洁低速无人车
- 第6部分T/SZIT 002.6-2021：安防巡逻低速无人车
- 第7部分T/SZIT 002.7-2021：农业园林用低速无人车
- 第8部分T/SZIT 002.8-2021：室内低速无人车
- 第9部分T/SZIT 002.9-2021：关键技术、部件、车路协同及检测认证方法

本文件为T/SZIT 002-2021的第9部分T/SZIT 002.9-2021。

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这些专利的责任。

本标准由深圳市智能交通行业协会提出并归口。

本文件负责起草单位：东风悦享科技有限公司、北京三快在线科技有限公司、上海于万科技有限公司、深圳市普渡科技有限公司、众诚汽车保险股份有限公司、深圳市智能交通行业协会、中国安全技术防范认证中心、国家安全防范报警系统产品质量检验检测中心（北京）、深圳市中安无人系统研究院、深圳市安全防范行业协会、深圳市智慧城市产业协会、深圳市天地智能交通研究院、中国科学院深圳先进技术研究院、广东南天司法鉴定所、工业和信息化部电子第五研究所、广州软件应用技术研究院、中国科学院安徽工业技术创新研究院、明链科技（深圳）有限公司、深圳职业技术学院、中山大学、北京理工大学、深圳技术大学、新空间（中国）旅游规划设计研究院、山东理工大学、广东机电职业技术学院。

本文件参与起草单位：阿里巴巴达摩院（杭州）科技有限公司、北京京东乾石科技有限公司、长沙行深智能科技有限公司、深圳市新国都股份有限公司、毫末智行科技有限公司、驭势科技（北京）有限公司、贵州翰凯斯智能技术有限公司、白犀牛智达（北京）科技有限公司、北汽福田汽车股份有限公司、中兴智能汽车有限公司、厦门金龙联合汽车工业有限公司、广州极飞科技股份有限公司、票量（杭州）出行科技有限公司、上海仙途智能科技有限公司、北京智行者科技有限公司、天津德科智控股份有限公司、深圳优地科技有限公司、山东新坐标智能装备有限公司、中电车联信安科技有限公司、奇安信星舆车联网安全实验室、北方天途航空技术发展（北京）有限公司、中国太平洋财产保险股份有限公司深圳分公司、山东浩睿智能科技有限公司、上海易咖智车科技有限公司、北京云驰未来科技有限公司、长沙智能驾驶研究院有限公司、深圳市镭神智能系统有限公司、北京市仁信证科技有限公司、山东亿华智能装备有限公司、新石器慧通（北京）科技有限公司、华砺智行（武汉）科技有限公司、深圳市三旺通信股份有限公司、北京万集科技股份有限公司、杭州欣易达驱动技术有限公司、深圳一清创新科技有限公司、广州高新兴机器人有限公司、湖南超能机器人技术有限公司、深圳市旭威科技发展有限公司、前海再保险股份有限公司、北京洛必德科技有限公司。

本文件主要起草人：杨金才、曹恺、夏华夏、郭璁、刘煜、郑新、陆晓科、魏波、李扬、王达、庞伟、邓文杰、王雪、杨鹏、徐期林、梁伯栋、吴贺俊、李和言、潘仲鸣、肖君拥、徐华伟、肖卫东、曾向阳、陈谷、方菱、伊丽丽、陈黎明、杨漾、陈锐辉、陈升东、赵忠厚、王君利、张霞、李霞、刘天承。

本文件参与起草人：郎丹、张蕾、杨鹏举、刘欢、尹成庆、徐丝鹿、徐驰、黄佩、朱汉平、汪兴、蒋进曦、胡常青、焦胜才、黄勇、张海山、朱鹏、徐封杰、曾子铭、龚边、王永辉、郭大伟、王刚、孔旗、谭筠、朱久艳、孙荻菲、李钊、彭进展、张明、夏添、熊建、孟树兴、张建宏、黄耀霖、杨光、李靖、张德兆、李志杰、罗沛、芦海涛、许斯亮、胡小波、任学锋、熊伟、吴冬升、王飞仁、徐渠、宋若原、蔡尧、董万亮、查诚、王瀚基、严明、乔贞美、卢波、梁宇恒、李潇波、赵勃、夏舸、王石宝、张玉良、秦玉学、杨苡、石燕彪、孙国明、程逵、钱晓东、钟严军、孟曦、李大林、雷祖芳、刘鹏、吴勇军、钟小明、王晨智嘉、陈新市、勾海鹏、高一颠、吴雷、钟德刚、陈卫兵、王鲁佳、李作泉、柏林、肖湘江、黄青洪、喻放。

本标准于2021年10月首次发布。

低速无人车城市商业运营安全管理规范

第9部分 关键技术、部件、车路协同及检测认证方法

1 范围

本文件适用于具备自动驾驶功能的低速无人车，其他车辆类型可参考执行。

本标准规定了低速无人车开展城市商业运营的通用要求。适用于在户外及室内的公共场所，商业场所，以及学校、园区、景区、社区和公开道路，提供货物运输与配送、邮政快递、外卖送餐、移动零售、环卫保洁、安防巡逻、消防应急、农业园林作业等专业化服务的轮式低速无人车。其他履带式、轮履复合式、步足式低速无人车及类似功能的移动服务机器人可参考应用本标准。

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 4706.1-2005 家用和类似用途电器的安全 第1部分：通用要求
- GB 4785-2019 汽车及挂车外部照明和信号装置的安装规定
- GB 4943.1-2011 信息技术设备 安全 第1部分：通用要求
- GB 7258-2017 机动车运行安全技术条件
- GB 8410-2006 汽车内饰材料的燃烧特性
- GB 17761-2018 电动自行车安全技术规范
- GB/T 12265.3-1997 机械安全避免人体各部位挤压的最小间距
- GB/T 12673-1990 汽车主要尺寸测量方法
- GB/T 12674-1990 汽车质量（重量）参数测定方法
- GB/T 15706-2012 机械安全 设计通则 风险评估与风险减小
- GB/T 16754-2021 机械安全急停设计原则
- GB/T 16855.1-2018 机械安全 控制系统有关安全部件 第1部分：设计通则
- GB/T 18384.1-2015 电动汽车安全要求 车载储能装置
- GB/T 18384.2-2015 电动汽车安全要求 功能安全和故障防护
- GB/T 18384.3-2015 电动汽车安全要求 人员触电防护
- GB/T 23821-2009 机械安全防止上下肢触及危险区的安全距离
- GB/T 35273-2020 信息安全技术个人信息安全规范
- GB/T 37242-2018 机器人噪声试验方法
- GB/T 38124-2019 服务机器人性能测试方法
- GB/T 37283-2019 服务机器人 电磁兼容 通用标准 抗扰度要求和限值
- GB/T 37284-2019 服务机器人 电磁兼容 通用标准 发射要求和限值
- GB/T 38834.1-2020 机器人 服务机器人性能规范及其试验方法 第1部分：轮式机器人运动
- GB/T 40429-2021 汽车驾驶自动化分级
- 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
- QC/T 476-2007 客车防雨密封性限值及试验方法
- GJB 5727-2006 后勤装备高温低温湿热试验室试验方法

3 术语和定义

本文件涉及的术语和定义参照本系列标准的第1部分中的术语和定义。

4 主要性能

4.1 最高行驶车速

低速无人车最高行驶车速（ V_{sv_max} ）应符合所应用场景的速度限制要求，一般情况下不应超出以下表1的规定，但特殊情况可在使用说明书上进行专项说明并进行专项检测：

表1 低速无人车的最高设计行驶速度要求

级别	环境	非机动车道的最高行驶速度	非道路或人行道的最高行驶速度	备注
1	室内、场（厂）内、封闭场景内	8.0km/h	8.0km/h	——
2	人行道上	-	8.0km/h	——
3	场（厂）内、封闭场景内、半封闭场景内	15.0km/h	8.0km/h	——
4	公开道路的非机动车道上及人行道	25km/h	8.0km/h	——
5	公开道路的最右侧机动车道	32km/h	-	试验场景或由符合最高车速等级为4级的车辆在符合最高行驶条件的场景下的最高行驶速度

4.2 系统制动

- (1) 低速无人车启动MRM时，应具有 $4.9m/s^2$ 的最大减速。
- (2) 低速无人车触发紧急停车或MRM时，应施加最大 $4.9m/s^2$ 的减速，直到车辆停稳。
- (3) 低速无人车根据相应的应用场景及职能管理部门和利益相关方的要求，可以增加额外的减速要求。

4.3 紧急停车

紧急停车功能应满足以下要求：

- (1) 在车身上应为红色蘑菇型按钮，应有防止误触的保护盖，且应易于使用；
- (2) 在系统上，其界面应该是可见的，易于理解的，并且操作流程是高效的；
- (3) 优先于低速无人车的其他控制；
- (4) 切断低速无人车驱动器的驱动源；
- (5) 中止所有的危险；
- (6) 保持有效直至复位；
- (7) 只能手动复位，复位后不会自动重启；
- (8) 紧急停车输出信号在撤除低速无人车动力后应一直有效。

4.4 自主行驶能力

4.4.1 自动驾驶状态功能描述

4.4.1.1 自动驾驶系统关闭

在自动驾驶系统关闭的状态下，低速无人车不应执行动态驾驶任务的任何操作。但可转为远程接管模式。

4.4.1.2 自动驾驶系统待机

(1) 在自动驾驶系统待机的状态下，低速无人车应：

- a) 验证ODD条件是否得到满足，以便能够激活无人车自动驾驶系统。
- b) 进行与操作员的通信。
- c) 保持静止状态或进入远程接管状态。

(2) 无人车自动驾驶系统待机状态可以接收来自操作员的外部操作指令，选择无人车系统在DDT状态时的操作值（例如，正常工作或降级）。

- a) 无人车按正常工作模式运行，表明无人车系统所驾驶的车辆的性能处于正常设计状态。
- b) 无人车按降级模式运行，表明外部或内部条件有所异常但仍符合车辆的运行条件，无人车此时应按预先定义的降级性能参数运行。

4.4.1.3 自动驾驶系统激活

在低速无人车自动驾驶系统激活状态下，车辆应执行DDT。无人车系统的最大运行速度由操作员或系统本身决定。

无人车自动驾驶系统激活状态有如下四个子状态。在所有子状态下，车辆应持续进行系统性能监测。

(1) DDT子状态。这应是低速无人车自动驾驶系统激活状态下的默认子状态。在无人车 DDT子状态内，根据无人车系统服务提供者的决定，无人车系统的运行参数可以动态变化。自动驾驶系统在无人车DDT子状态下有两个基本功能：

- 执行DDT，包括在避免与障碍物碰撞的同时，安全地沿着预定的路线行驶，以及
- 检测可能违反ODD条件的情况。

(2) 执行电子停靠子状态。如果操作员要求紧急停车，在此状态下，无人车系统应执行紧急减速和制动，并向操作员提供状态信息，对外传达紧急情况（如通过警示灯或声音警示等）。

(3) 执行MRM子状态。如果转换4.4.2.6的任何一个触发条件被满足，车辆应立即执行最小风险操作（MRM）。

(4) MRC子状态。在MRC状态下，低速无人车应：

- 处于静止状态，且处于远程接管状态。
- 向操作员提供状态信息。

4.4.2 低速无人车的状态转换描述

低速无人车处于任何状态，均可在对应授权下，随时接受远程接管和远程控制。

4.4.2.1 自动驾驶系统从关闭状态过渡到待机状态。

触发条件：

- (1) 操作员开机命令，以及
- (2) 开机顺序已完成，系统无故障（自检通过）。

4.4.2.2 自动驾驶系统从待机状态过渡到关闭状态

触发条件：

- (1) 检测到一个与DDT性能相关的系统故障，或

(2) 操作员关机命令或电源已被关闭。

4.4.2.3 自动驾驶系统从待机状态过渡到激活状态的默认状态（DDT 子状态）。

触发条件：

- (1) 无人车系统满足其ODD条件，且
- (2) 操作员发送了过渡到无人车活动状态的指令（操作员参与指令），并且
- (3) 数据记录器有足够的容量来存储至少一个额外的安全关键事件。

4.4.2.4 自动驾驶系统从激活状态的默认状态（DDT 子状态）过渡到待机状态。

触发条件：操作员发出指令，解除无人车活动状态（操作员解除指令）。

4.4.2.5 自动驾驶系统从 DDT 子状态过渡到车辆执行电子停靠子状态。

触发条件：操作员发起紧急停车命令。

4.4.2.6 自动驾驶系统从 DDT 子状态过渡到车辆执行 MRM 子状态。

触发条件：

- (1) 检测到低速无人车无法解决的危险情况，或
- (2) 检测到DDT性能相关的系统故障，或
- (3) 失去安全关键的V2X通信，或
- (4) 检测到无人车系统即将违反ODD条件，或
- (5) 未收到操作员的安全确认授权。

4.4.2.7 自动驾驶系统从车辆执行 MRM 子状态过渡到 MRC 子状态。

触发条件：车辆进入静止状态（即0m/s）。

4.4.2.8 自动驾驶系统从 MRC 子状态过渡到待机状态。

触发条件：操作员发送确认，进入待机状态。

4.4.2.9 自动驾驶系统从车辆执行电子停靠子状态过渡到待机状态。

触发条件：

- (1) 无人车车辆速度为0m/s（即无人车车辆静止），并且
- (2) 操作员发送确认，进入待机状态。

4.5 远程接管

4.5.1 车辆应具备远程接管能力

(1) 车辆具备远程接管能力，在被远程接管之后，自动驾驶优先级低于远程接管，控制响应远程操作。远程接管后，系统应能够被远程驾驶员执行全部动态驾驶任务；

(2) 远程接管后，系统应交出全部动态驾驶任务且在远程驾驶员未再次激活自动驾驶模式前不恢复自动驾驶系统激活状态；

(3) 车辆在远程接管模式下，远程驾驶员可执行紧急制动、前进、倒退、左转、右转等0级驾驶自动化应急辅助动作；

(4) 车辆在远程接管模式下，能够远程退出接管模式并确认激活自动驾驶模式后，能够回复自动驾驶模式。

4.5.2 安全身份认证

远程接管应具备必要的安全身份认证；系统应通过身份验证后方可进行远程接管且远程接管后的每次操作指令应具备完整的日志记录。

- (1) 云端驾驶员需要通过MFA机制进行身份验证后才可进行远程驾驶台登陆；
- (2) 云端驾驶员的操作指令需要完整的日志记录；
- (3) 远程安全员的身份需通过系统DID生成，并遵循相应协议和规范；
- (4) 其关联属性（可验证声明）需包含操作权限、操作时长、操作指令等信息；
- (5) 如对接第三方数据存证平台，则其远程操作指令日志需实时进行哈希运算后上链，保证指令的完整记录和不可篡改。

4.6 道路自主行驶功能

4.6.1 障碍物类型

4.6.1.1 标志标牌：标志（例如，停车、让行、行人、铁路、学校区域等）、交通信号（闪光、学校区域、消防部门区域等）、人行横道、铁路交叉口、停止的公共汽车、施工标志、急救信号、遇险信号、道路用户信号、手势信号。

4.6.1.2 道路使用者：车辆类型（轿车、轻型卡车、大型卡车、公共汽车、摩托车、宽载、应急车辆、施工设备、马车）、停车车辆、移动车辆（手动、自动）、行人、自行车、骑手。

4.6.1.3 非道路使用者障碍物/物体：动物（如狗、鹿等）、购物车、碎片（如轮胎碎片、垃圾、梯子）、施工设备、人、停放的车辆等。

4.6.2 道路组成

4.6.2.1 道路类型：城市、停车场、入口/出口匝道、单向、转弯专用车道、私家路、双向车道、交叉口（信号灯、掉头、四向/双向停车、环岛、合并车道、转弯专用车道、人行横道、收费广场）。

4.6.2.2 道路表面：沥青、混凝土、混合料、格栅、砖、泥土、砾石、刮过的道路、部分堵塞、减速带、坑洼、草地。

4.6.2.3 道路边缘：标记线、临时标记线、路肩（铺砌或砾石）、路肩（草）、混凝土护栏、格栅、栏杆、路缘、路锥。

4.6.2.4 道路几何：直线、弯道、山丘、侧峰、拐角（常规、死角）、负障碍物、车道宽度。

4.6.2.5 受限通道或专用道路（公共或私人）或行人/自行车道，或限制所有或某些特定类别机动车进入的区域可以通过车道标记或速度限制或物理分界来指定。

4.6.3 路径规划

应具备符合以下要求的路径规划功能：

- (1) 支持目标点检索、设定与变更；
- (2) 能自动在起始和目标点之间规划一条安全，可行的路径；
- (3) 在行驶过程中应实时显示当前车辆在地图中位置及已规划的路线；
- (4) 适用行驶场景类别代号为A级的车辆，应能够根据临时交通标志等动态规划路线。

4.6.4 自主行驶能力

4.6.4.1 具备通行权决策能力

(1) 如车辆行驶在公开道路上，应具备按照《中华人民共和国道路交通安全法实施条例》确定通行权，并正确让行或优先通行的能力。

- a) 遵守第 38 到 43 条中，关于交通信号灯指示的通行规定；
- b) 遵守第 44 条中，关于快慢车道的通行规定；
- c) 遵守第 48 条中，关于会车的通行规定；
- d) 遵守第 51 到 53 条中，关于交叉路口的通行规定。

(2) 车辆在行驶过程中, 应能实现包括但不限于人、车、动物、障碍物、车道线、交通标志、交通灯的检测, 应能实现交通灯状态和时间的识别, 应能实现天气状况与道路状况的感知分析。

4.6.4.2 结构化道路

- (1) 结构化道路上, 按设定速度(任务和地图要求), 沿车道线行驶。
- (2) 结构化道路上, 按照车道线, 通过路口(直行, 左转, 右转, 掉头)。
- (3) 结构化道路上, 进行变道。

4.6.4.3 规定道路内行驶

车辆应能够识别被允许行驶的车道, 并驶入该车道继续行驶。

4.6.4.4 人行横道线识别及响应

车辆应能够识别并正常通过人行横道, 不能无故停车。

4.6.5 通过路口

4.6.5.1 应具备按以下要求路口左转弯、路口右转弯、路口掉头或直行通过路口的能力。

(1) 选择正确的行驶车道, 遵守交通标志、交通信号灯的要求, 正确使用转向灯, 采取正确的操作方法减速、停车等待或直接通过路口。

(2) 停车等待时, 车身任何部分应不超过停车线, 车辆最前端与前车或停车线之间的距离应不大于 1.5m; 通行时, 前方无影响时起步时间应不大于 3s。

(3) 机动车在夜间通过人行横道或者没有交通信号灯控制的路口时, 应当交替使用远近光灯示意。

4.6.5.2 非规则路口通行

行驶到非规则路口(非十字路口、非丁字路口)时, 应能合理选择道路通行。

4.6.5.3 无信号灯路口通行

行驶在无信号灯的十字路口或者丁字路口时, 应能通过识别交通标线或者识别到障碍物, 正常通过十字路口或者丁字路口, 并正确开启指示灯。

4.6.5.4 窄路通行

应能正常通过比自身车宽 $\geq 100\text{cm}$ 的窄路。

4.6.5.5 特殊道路通过能力

应具备在通过减速带或坏路前提前减速至 10km/h 以下并安全通过的能力。

4.6.5.6 夜间运行

应在低光照或夜间正常运行, 自身应当具有可被明显辨识的特征。

4.6.6 速度控制

具备速度控制的能力。速度控制包括跟车控制、巡航控制和限速控制。

4.6.7 车道保持

- (1) 在可视车道边线环境下应能识别车辆与所预规划路线的相对位置, 应不使车辆偏离相应路线;
- (2) 在所有车速内正常运行。

4.6.8 变更车道

- (1) 根据前方车辆速度过慢或路线要求进行变更车道, 变更车道前进行变道提醒;
- (2) 变道过程中持续打开转向灯, 并且在原车道内至少要保持 3 秒;

- (3) 当变道到目标车道中心线位置，变道运动完成，进入车道保持状态；
- (4) 变道过程中车辆侧向加速度不应大于 0.3g；
- (5) 变道运动完成后 3s 内，关闭转向灯。

5 车辆安全要求

5.1.1 侧倾稳定角

低速无人车在空载、静态状态下，向左侧和右侧倾斜最大侧倾稳定角不允许小于25°。

5.1.2 外观

- (1) 无人车外观应整洁，各零部件应完好，联结紧固，无缺损；
- (2) 车体应周正，车体外缘左右对称部位高度差不允许大于 40mm；
- (3) 无人车设计上应考虑起吊点或叉运位置；
- (4) 专用作业车的特殊结构和专用装置不允许影响低速无人车的安全运行。

5.2 行驶系

- (1) 车辆的车架不应有变形，裂纹和锈蚀，螺栓和铆钉不应松动；
- (2) 同一轴上的轮胎规格和花纹应相同；
- (3) 轮胎胎宽不得小于 100mm；
- (4) 轮胎气压和承受的负荷不应大于该轮胎的规定值；
- (5) 轮胎胎冠花纹深度不应小于 1.6mm，胎面和胎壁不应有长度超过 25mm 破裂和割伤；
- (6) 轮胎不应有影响使用的异常磨损和变形，轮胎胎面不应由于局部磨损暴露出轮胎帘布层；
- (7) 轮辋应完整无损，螺栓、螺母应紧固。

5.3 转向系

5.3.1 低速无人车应具有适度的不足转向特性。

5.3.2 可线控，线控接口信号(如控制角度等)数据开放,反馈工作状态信号，支持故障诊断。响应时间小于 200ms（控制器接收到转向指令到控制器开始控制转向的时间）。

表2 EPS 转向控制性能标准

项目	测试条件（轮端）	指标	性能要求
阶跃响应测试	整车空载原地转向，0°到±25°阶跃信号	响应时间	<100ms
		最大超调角度	<1%
		超调时间	<200ms
		转向角速度	≥25° /s
		稳态误差角度	<0.5%
正弦跟随测试	整车空载原地转向，正弦信号周期6S,峰值±25°	最大瞬态误差	<1%
		角度响应分辨率	<0.1°
		最大延时	<200ms

5.3.3 转向应轻便灵活，正常行驶中不应有轻飘、摆振、抖动及跑偏现象；在平坦、硬实、干燥和清洁的道路上行驶不应跑偏。

5.3.4 低速无人车的转弯性能应符合以下表 3 规定。

表3 低速无人车的转弯性能要求

序号	类别	总质量	转弯半径 mm		备注
			U型	L型	
1	微	<150kg	≤车身宽度+500mm	≤车身宽度+500mm	最高自主等级状态
2	小	≥150kg~<500kg	≤车身宽度+800mm	≤车身宽度+800mm	最高自主等级状态
3	轻	≥500kg~<1200kg	≤车身宽度+2000mm	≤车身宽度+1500mm	最高自主等级状态
4	中	≥1200kg~<2000kg	≤车身宽度+2100mm	≤车身宽度+2100mm	最高自主等级状态
5	大	≥2000kg~<3200kg	≤车身宽度+2100mm	≤车身宽度+2100mm	最高自主等级状态
6	重	≥3200kg	须验证	须验证	最高自主等级状态

5.3.5 转向节及臂、转向拉杆、球销等应连接可靠，不应有裂纹和损伤。

5.3.6 中大型低速无人车前端或后端应设置牵引钩，当系统失灵时应能够安全快速地撤离现场。

5.4 制动系

5.4.1 基本要求

低速无人车应设置足以使其减速、停车和驻车的制动系统或装置。

- (1) 低速无人车应具有完好的行车制动系；
- (2) 低速无人车应具有驻车制动装置；
- (3) 制动系应经久耐用，不允许因振动或冲击而损坏。

5.4.2 行车制动

- (1) 行车制动应保证车辆执行层在接收到控制层所发出的刹车指令后能有效地减速和停车；
- (2) 行车制动应作用在车辆的所有车轮上；
- (3) 行车制动的制动力应在各轴之间合理分配；
- (4) 低速无人车行车制动的制动力应在同一车轴左右轮之间相对机动车纵向中心平面合理分配；
- (5) 制动距离：是指低速无人车在规定的初速度下触发制动时，从下发制动信号时起至低速无人车停住时止低速无人车驶过的距离；
- (6) 制动稳定性要求：是指制动过程中低速无人车的任何部位（不计入车宽的部位除外）不允许超出规定宽度的试验通道的边缘线；
- (7) 车辆应在平坦，干燥，清洁，坚实的，且轮胎与地面的附着系数不小于 0.7 的沥青或混凝土路面上进行制动性能实验，不同类型的车辆在规定初速度下的制动距离和制动稳定性应符合下表中的规定：

表4 制动距离和制动稳定性要求

序号	类别	总质量	制动初速度	空载制动距离	空载制动减速度	试验通道宽度m
1	微	<150kg	最高行驶速度	≤2.0m	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m
2	小	≥150kg~<500kg	最高行驶速度	≤3.0m	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m
3	轻	≥500kg~<1200kg	最高行驶速度	≤4.0m	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m
4	中	≥1200kg~<2000kg	最高行驶速度	≤5.0m	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m
5	大	≥2000kg~<3200kg	最高行驶速度	≤5.0m	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m
6	重	≥3200kg	最高行驶速度	须验证	3.8~4.9m/s ²	车宽+0.5m

5.4.3 驻车制动和稳定性

(1) 低速无人车应具有可线控的驻车制动装置，线控接口信号数据开放，反馈工作状态信号，支持故障诊断。

- (2) 驻车制动应通过失电机械装置把工作部件锁止。
- (3) 驻车制动应通过纯机械装置把工作部件锁止和解除。
- (4) 低速无人车在运行过程中不允许有自行制动现象。
- (5) 驻车制动性能检验

在空载状态下，驻车制动装置应能保证低速无人车在坡度为 20%、轮胎与路面间的附着系数不小于 0.7 的坡道上，正、反两个方向保持固定不动，其时间不应少于 5min。

5.4.4 超速限制

低速无人车应具有限速功能或使用限速装置，使车辆满足最高车速限制要求。限速功能或限速装置应符合 GB 24545 的相关要求。

5.5 照明、警示装置和噪声环保

5.5.1 照明、信号装置

5.5.1.1 照明和信号灯要求

(1) 低速无人车的灯具应安装牢靠、完好有效，不允许因车辆振动而松脱、损坏、失去作用或改变光照方向。车辆不得安装遮挡外部照明和信号装置透光面的装置。

(2) 低速无人车应根据所应用场景的需要，合理设置前位灯、后位灯、制动灯、雾灯、后反射器和前、后转向信号灯等灯具设备。如配置上述设备，其数量、位置应参照 GB 4785 执行。

(3) 跨昼夜工作的低速无人车应设置夜间工作照明装置。

5.5.1.2 灯光警示

在能见度较小、发生故障、发生交通事故、道路上临时停车等情况时，需要打开警示灯提醒其他车或行人；涉及在有其他交通参与者的道路上行驶的，建议配装雾灯。

5.5.2 噪声环保和声音警示

(1) 低速无人车必须安装声音警告系统 (AVAS, acoustic vehicle alert system) 才能合法行驶。车辆低速提示音的设置应符合运行区域的噪声环保要求和车辆工作安全需求，其工作应稳定可靠，其声压级应达到 GB 17761-2018 中 6.2.3.3 的要求。

(2) 低速无人车应在行走出发、行走遇障、行走躲避、作业装置异常时，发出语音提示。

(3) 低速无人车在倒车时应发出清晰声音的倒车警示声。

(4) 低速无人车喇叭声级在距车前 2m、离地高 1.2m 处测量时，其值为 55dB(A)~75dB(A)。

(5) 以时速 20km/h 或更慢速度行驶时，一般情况下低速无人车 AVAS 应发出 55dB(A)~75dB(A) 的连续警告音。特殊情况如社区环境或工作时段有限制时，应通过其他方式实现其运行的安全性。

(6) 工作场景对声音警告方式有特殊要求的，可根据实际要求进行设置，并在车辆使用说明书中标明。

5.6 车身

(1) 车身的技术状况应能保证相关人员有正常的工作条件和货物安全。

(2) 车身应坚固耐用，覆盖件无开裂和锈蚀。车身在车架上的安装应牢固，不能因低速无人车振动而引起松动。

(3) 车身外部和内部人员可能触及的任何部件、构件都不应有任何可能使人致伤的尖锐凸起物（如尖角、锐边等）。

(4) 车厢门或车窗（如有）应启闭轻便，不允许有自行开启现象，锁应牢固可靠。厢门或窗应密封良好，无漏水现象。

(5) 低速无人车不允许在车身左侧开设车厢门或车窗。

(6) 低速无人车应设置能满足号牌安装要求的号牌板(架)。前号牌板(架)应设于前面的中部或右侧(按低速无人车前进方向),后号牌板(架)应设于后面的中部或左侧。

(7) 低速无人车淋雨试验结束后,根据 QC/T 476-2007 标准计分应不小于 92 分,系统及零部件功能应正常。

(8) 低速无人车的专用装置内饰材料应满足 GB 8410 标准要求。

(9) 大型低速无人车应装备灭火器,灭火器在车上应安装牢靠并便于取用。

6 信息安全要求

6.1 基础原则

低速无人车应满足以下要求:

- (1) 在网络(包括互联网、局域网等)中,应具有信息传输加密机制;
- (2) 数据信息不应被非授权(非法)访问、篡改或删除;
- (3) 应能阻止非授权(非法)信息的入侵,包括对此类信息的识别、判断、阻止和提示等功能;
- (4) 不应拒接授权(合法)用户对信息和资源正常使用;
- (5) 应具有信息溯源机制。

6.2 身份识别

低速无人车在信息处理的过程中应对信息控制者进行身份标识处理。信息控制者须经过登记注册、身份验证,具有唯一有效标识。

(1) 每辆车须具备唯一身份识别号;具有车辆数据访问及车辆数据使用权限的人员需通过系统生成DID(分布式数字身份),进行唯一身份的认证和识别。

(2) DID标识应统一标识类型,并与设备安全保密资源(如密码)建立对应关系,具有唯一性。可验证声明关联属性部分需确认身份的权限。

(3) 系统应实施标识信息管理和维护,确保不被非法访问、篡改或删除,推荐使用国密非对称加密算法(SM2, SM3)。

(4) 建议尽量采用基于DPKI的点对点认证及安全通信。

6.3 非授权(非法)操作处理

当低速无人车操作者采取一些方法(包括恶意代码、网络攻击等),超出自身的权限访问/修改/删除等本无权访问/修改/删除等的资源时,低速无人车应提示非授权(非法)操作,同时通知信息控制者存在非授权(非法)操作或者报警,并阻止操作。通知方式包括但不限于短信、电子邮件等。

6.4 信息可溯源

低速无人车在信息处理过程中,应记录信息处理日志(包括 log 文件等),包括:

- (1) 授权的操作指令记录;
- (2) 非授权的操作指令记录;
- (3) 恶意代码执行记录;
- (4) 网络攻击记录。

6.5 个人信息安全

(1) 低速无人车关于个人信息的收集、保存、使用、共享、转让、公开披露等处理活动应符合 GB/T 35273 的要求。

(2) 需采用安全等级不低于零知识证明的匿名凭证保护用户身份隐私。

6.6 数据安全和云端服务安全

- (1) 数据信息存储需具备多重备份，并置于安全环境保管，数据存储时间不低于1年；
- (2) 重要、敏感或关键数据信息需采用合理的加密技术进行存储，须符合国家加密技术法规，根据风险评估确定保护级别，并以此确定加密算法的类型、属性以及密钥的长度；
- (3) 重要、敏感和关键数据在传输的过程中必须使用数字签名以确保信息的不可否认性；
- (4) 具备完整的用户访问、处理数据信息的操作记录能力，以备查询；
- (5) 申请访问数据时候，需校验所访问数据的真实性和完整性；
- (6) 应具备完善的权限管理策略，支持权限最小化原则、合理授权；
- (7) 需采用TEE（可信执行环境）的方式，将任务与所有不可信的软件隔离开来。

6.7 在线监控数据要求

在线监控平台实时上传数据应包含但不限于：

- (1) 识别代号；
- (2) 车辆控制模式；
- (3) 车辆位置；
- (4) 环境感知与响应状态；
- (5) 车辆速度、加速度、行驶方向等运动状态；
- (6) 环境感知与响应状态；
- (7) 车辆灯光、信号实时状态；
- (8) 与人有接触需要的车辆，一般还应包括周界视频监控信息，但相关信息应按国家有关规定进行严格信息管理和脱敏使用。

7 网络通信设备与车载系统安全要求

7.1 通则

(1) 低速无人车信息存储及传输安全应符合《基于公众电信网的联网汽车信息安全技术要求》中的规定，车辆运营主体应建立车内通信和车外通信安全防护措施，综合保障车辆运营全生命周期的控制安全、应用安全、通信安全、数据安全和云服务安全。低速无人车的典型应用场景如下图1所示：

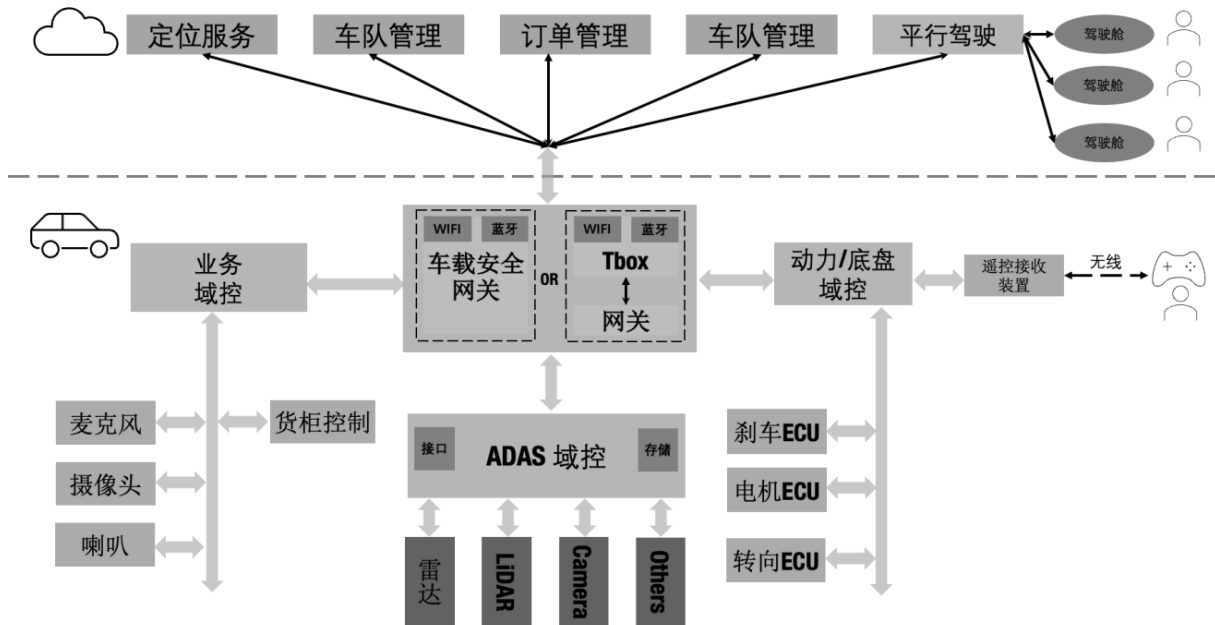


图1 低速无人车的典型应用场景

(2) 网联设备作为车辆的通信中枢，提供车与Internet的连接能力和车内各域间的互联互通服务。低速无人车应在运营过程中具备信息安全的防护保障能力。

7.2 数据安全要求

(1) 数据安全要求能保证车载端所采集、存储、处理、传输的用户及车辆数据的安全性，确保车辆及用户数据的机密性、完整性和可用性得到有效的防护，同时具有清除机制，保护数据生命周期各环节的安全性。

(2) 数据记录器存储空间应满足本标准第2部分10.2中约定的关键事件数据记录的存储要求，并能保存至少48小时而不被覆盖，且应在24小时内将相关数据上传到云端，并应定期进行备份。附件F中描述了一组需要记录的数据的例子。

7.3 OTA可控升级

7.3.1 基本要求

应在非工作状态下方可进行OTA升级，OTA升级应全程可控。未完成升级的情况下，可自动回溯到前一版本。

7.3.2 OTA内容

支持后台的全域OTA升级，包括不仅限于整车控制器、转向系统、驱动系统、电池系统、制动系统、中控交互系统等。

7.3.3 OTA升级安全要求

- (1) 车端进行OTA升级时，车端OTA Client和云端OTA服务器之间应采用双向认证；
- (2) 升级包的传输应采用加密措施；
- (3) 车端OTA Client接收升级包后，应对升级包的数字签名信息进行验证，校验升级包的完整性；
- (4) 车端OTA Client对数据包解压后进行升级包对分发，OTA升级过程，需要详细的日志记录和过程监控；
- (5) 车端零部件OTA升级完毕，OTA Client需要收集OTA后的状态信息，并将状态信息加密上报给云端服务器。

7.4 通信安全与网络设备要求

7.4.1 车内通信安全要求

应能根据应用场景对通信和数据交换的需求，保证外部威胁与内部网络之间的安全隔离，保证车内子系统和数据的保密性、完整性，保证车辆功能正常。

7.4.2 车外通信安全要求

应能根据应用场景对通信和数据交换的需求，保证车载端建立通信连接时采取必要的认证、加密和完整性校验手段，保证数据的保密性、完整性及通信质量。

7.4.3 车载通信网络要求

(1) 车载有线传输单元应具有精确时钟同步能力，可连接车载各类数据端口，能支持CAN网络与以太网连接，支持门控调度机制，支持VLAN，能全线速转发不丢包（帧），具备以太网供电能力。

(2) 车载蜂窝无线传输单元应内嵌5G蜂窝模块或WIFI模块，应满足通信带宽需求，具有精确的时钟同步能力，具备以太网供电能力。具有4级驾驶自动化能力的低速无人车的无线通信链路应具备主备。

7.4.4 路侧有线网络要求

路侧有线传输单元应至少满足千兆以太网传输以及无阻塞线速转发能力，具备未知单播帧、未知组播帧、未知广播帧以及错误帧过滤功能，以提升网络信息传输的性能与安全性；需支持链路备份能力，

支持数据隔离能力，以保证不同数据间的私密性与安全性；应支持流量整形、流量优先级控制等能力，具备静态路由选择算法以及适应网络拓扑结构和通信量变化的动态路由选择算法。

7.4.5 边缘计算要求

(1) 边缘计算单元应具备以太网有线以及蜂窝无线等通信能力，具备访问控制的以太网接口、WIFI、RS-485、I/O等本地接口，支持路况环境感知设备、气象环境监测设备、微波雷达、网络摄像机、路灯控制器等南向设备的数据接入能力。

(2) 边缘计算单元应支持基于MQTT/HTTP的开放物模型连接协议的北向承接到云端的连接能力，实现云端与本地协同管理和控制。

7.4.6 远程控车安全要求

7.4.6.1 安全的控车通道

(1) 控车通道的建立需要采用基于X509证书的双向认证机制，保证车端对云端驾驶平台进行认证；云端驾驶平台要对车端进行认证；

(2) 控车指令要有完整的日志记录，并可将控车指令与云端驾驶员，车端上传的视频数据建立关联关系，并保证不被篡改。

7.4.6.2 安全的数据通道

车端向云端传输的数据流/视频流，需要采用加密通道进行上传，防止上传的视频数据被篡改。

7.4.6.3 可靠的通信保障能力

应满足如下通信要求以满足远程控制接管功能的需求：

- (1) 带宽：上行25Mbps（支持2路H.265/HEVC高清视频流），下行1Mbps；
- (2) 时延：端到端5ms；
- (3) 可靠性：大于99.999%。

8 运营数据收集要求

车端应具备完善的数据收集机制，具有统一的数据收集系统，可从车端的各个零部件收集数据。

8.1 数据收集类型

- (1) 自动驾驶传感器的工作状态数据；
- (2) 自动驾驶核心器件的运行状态数据。

8.1.1 车端数据收集范围

- (1) 静态数据：包括但不限于核心器件的硬件型号，设备SN，固件版本号。
- (2) 动态数据，包括但不限于：
 - a) CPU，内存，网络，存储，工作温度，GPS位置等信息；
 - b) 设备的启动时间，reset时间；
 - c) 硬件设备上运行的服务程序的警告，错误等运行时信息；
 - d) 系统进入自动驾驶状态的信息以及退出自动驾驶和退出原因；
 - e) 自动驾驶逻辑中的关键处理的中间数据以及最终的控车指令；
 - f) 传感器的原始数据；
 - g) 用户的操作信息，包括登陆信息，登出信息，操作指令等信息。

8.1.2 数据存储要求

车端收集的数据需要采取安全方式进行存储，防止篡改。

8.1.3 传输加密要求

采用集中数据收集的车辆，在将数据传输到数据存储平台时，需要通过加密通道传输。

8.1.4 存储平台要求

数据存储平台要具备数据防篡改能力、访问控制能力和安全审计能力。

8.1.5 感知规划数据收集要求

- (1) 上传频度：按需上传。
- (2) 车辆基本状态数据。包括车辆位置、朝向、车辆速度、定位是否有效、档位、油门、刹车、前轮转角、电池电量、电池状态、任务状态、驾驶模式等。保存频率不小于 2Hz，存储时间不小于 3 天。
- (3) 车辆的故障数据，存储时间不小于 3 天。
- (4) 自动驾驶车辆控制数据。包括与车辆控制相关控制量的预期值、控制值、以及车辆的实际响应，车辆灯光控制的命令与实际灯光状态。保存频率不小于 10Hz，存储时间不小于 3 天。
- (5) 规划决策结果数据。包括规划的路线、速度等。保存频率不小于 10Hz，存储时间不小于 3 天。
- (6) 远程控制类数据。存储远程控制指令和响应状态，存储时间不小于 3 天。
- (7) 全局任务数据。包括目的地、任务轨迹等，存储时间不小于 3 天。
- (8) 监控视频数据，存储时间不小于 1 天。
- (9) 感知结果数据
 - a) 障碍检测结果，车辆周围一定范围内的障碍检测结果；
 - b) 目标识别结果，包括目标类别、速度、运动方向等；
 - c) 目标行为预测结果；
 - d) 在具备安全隐患的时间点，应当存储前、后各 5 分钟范围内的数据。
- (10) 传感器原始数据。包括雷达、图像等数据。在发生系统故障和交通事故的时间点，应当存储前后各 30 秒范围内的数据。

8.2 安全统计

- (1) 采用单车数据收集的车辆，本车具备本车数据的统计能力，可针对单一设备、时间段等维度进行统计；
- (2) 采用集中数据收集的车辆，数据存储平台要具备车队数据的统计能力，可针对单车、多车、单设备、多设备、时间段等维度进行统计。

8.3 隐私保护

- (1) 需保护的隐私数据包括：车辆厂商运营关键数据，车辆身份数据，系统参与者身份数据，以及各种数据的访问记录，操作记录和日志记录等；
- (2) 身份数据隐私需采用安全等级不低于零知识证明的匿名凭证隐私机制；
- (3) 关键数据的隐私保护采用安全等级不低于国家密码算法中非对称加密算法（SM2、SM3）的加密方式；
- (4) 文件加密采用透明加密的方式，生成即加密，保证系统工作效率；
- (5) 关键数据取用支持采用零知识证明的方式进行数据验证。

9 关键部件技术要求

9.1 电机

低速无人车用驱动电机，应优先选择永磁同步电机，防护等级要求达到IP67。应满足如下相关标准的要求。

- (1) GB/T 38090 电动汽车驱动电机用永磁材料技术要求；
- (2) GB/T 36282 电动汽车用驱动电机系统电磁兼容性要求和试验方法；

- (3) GB/T 18488.1 电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件；
- (4) GB T 18488.2 电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法；
- (5) GB/T 29307 电动汽车用驱动电机系统可靠性试验方法。

9.2 核心传感设备

9.2.1 视觉套件

- (1) 低速无人车应根据应用场景需要，配置可靠的视觉摄像设备；
- (2) 一般情况下，在车辆的前、后、侧向均需设置摄像头，与人有接触的低速无人车所配置的视觉摄像设备应能实现对车辆与人接触面的无死角覆盖；
- (3) 视觉套件应结合应用场景要求，能实现对感知对象、天气状况与道路状况的感知分析。

9.2.2 激光雷达

- (1) 低速无人车一般情况下应配置激光雷达传感器，根据应用场合可包括主激光雷达和感知补盲激光雷达；
- (2) 但如低速无人车所对应的场景和工作模式并不需要或不适合配置激光雷达传感器也能安全地开展工作的，可不配备；
- (3) 低速无人车所配置的激光雷达传感器产品的性能应安全可靠，一般建议装配国产化率高的产品。

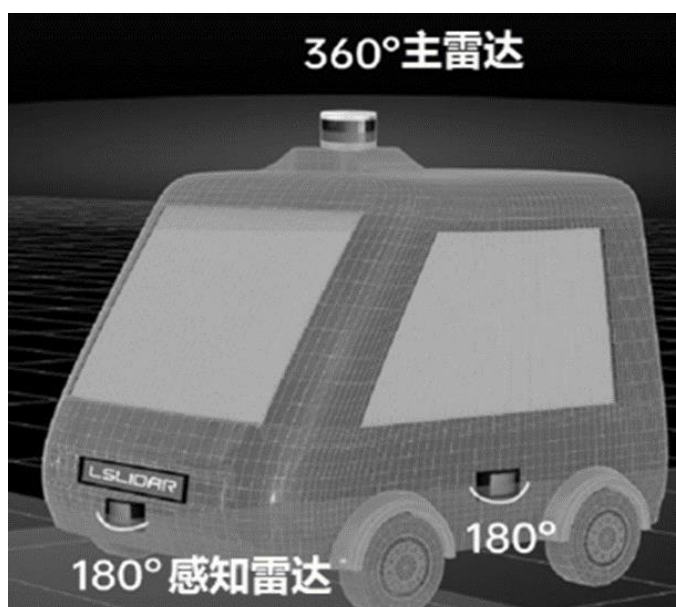


图2 激光雷达安装示意图

9.2.2.1 主激光雷达技术要求

- (1) 测距：室内使用不低于50m@10%NTST，室外使用不低于100m@30%NTST；
- (2) 帧率：不低于 10Hz；
- (3) 防护等级：1 级(人眼安全)；
- (4) MTBF时间应不小于 10000小时；
- (5) 工作环境温度：-40℃至+55℃；
- (6) 工作环境湿度：0%~95%，无凝结；
- (7) 防水等级：IP67；
- (8) 抗冲击500m/sec⁵，持续11ms；

- (9) 抗震动5Hz-2000Hz, 3G rms;
- (10) 至少一个100M/1000M 自适应 RJ45 以太网接口, 具备电源及GPS信号pps脉冲时间同步接口。

9.2.2.2 感知补盲激光雷达要求

- (1) 测距: 不低于50m@10%NTST;
- (2) 帧率: 不低于10Hz;
- (3) 防护等级: 1 级(人眼安全);
- (4) MTBF时间应不小于 35000小时;
- (5) 工作环境温度: $-40^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$;
- (6) 工作环境湿度: 0%~95%, 无凝结;
- (7) 防水等级: IP67;
- (8) 抗冲击500m/sec⁵, 持续11ms;
- (9) 抗震动5Hz~2000Hz, 3G rms;
- (10) 至少一个100M/1000M 自适应 RJ45 以太网接口, 具备电源及GPS信号pps脉冲时间同步接口。

9.3 动力电池的要求

9.3.1 电池管理系统

低速无人车的动力电池应该配备电池管理系统, 安全要求应符合GB 38031-2020的要求。

- (1) 即便在针刺、挤压、跌落、冲击、火烧、过充等各项滥用测试下也能确保电池不起火、不爆炸;
- (2) 每个电池串联回路均串联有保险, 在电池短路时可及时切断电源;
- (3) 电池箱体防尘防水, 防护等级达到 IPX7, 可通过涉水和泡水实验;
- (4) 电池系统内所有零部件均使用阻燃材料。

9.3.2 电性能

低速无人车动力电池的电性能应符合GB/T 31486的要求, 标称电压应符合GB/T 34013-2017的要求。

9.4 其他技术要求

- (1) 低速无人车如在车内配备充电接口, 应符合 GB/T 20234 所用部分的要求;
- (2) 低速无人车应装备灭火器, 灭火器在车上应安装牢靠并便于取用;
- (3) 低速无人车前后部应设置保险杠并具备防撞感应能力;
- (4) 低速无人车的货箱或其它载货作业装置, 其构造应保证安全、稳妥地装载货物;
- (5) 低速无人车应提供防止人员卷入的侧面防护, 其技术条件应符合 GB 11567.1 的规定;
- (6) 低速无人车的传动皮带、风扇、起动爪和动力输出轴等外露旋转件, 应加防护罩, 并应符合 GB 10395.1 的规定。

10 高精度地图

高精度地图是含有道路网、车道网、道路标线以及道路设施的几何、属性与关系, 支持道路动态数据与自定义数据的接入, 具有更高精度空间位置地理坐标, 辅助道路交通工具自主智能运动的电子地图或数据集。

10.1 数据构成

- (1) 高精度地图的静态数据, 包括道路数据、车道数据、道路标线数据、道路设施数据;
- (2) 高精度地图的动态数据, 包括交通流量状态、交通事故、气象环境、交通管控与预警信息等更新频率快、不会长时间保存、无物理固化意义的信息数据。

10.2 技术要求

- (1) 高精度地图数据，包括：矢量数据、激光点云数据、全景照片、三维模型数据、opendrive或NDS数据，可生成shp文件；
- (2) 高精度地图的要素数据成图绝对精度优于 10cm，每 100 米相对误差不超过 10cm。
- (3) 高精度地图原始文件基于地图特性进行点、线、面特征分层，可根据模拟仿真及交通模型软件需求进行图层合并，三维模型提供3dmax通用数据格式。
- (4) 高精度地图静态数据查询响应时间应小于 1s。
- (5) 高精度地图的静态数据和动态数据图层应能够适配目前常见显示设备。

11 对车路协同的要求

11.1 对车路协同应用场景的需求

11.1.1 低速无人车与道路协同包含封闭区域协同和开放道路协同两种。

11.1.2 低速无人车车路协同路侧辅助能力应至少包含车辆行驶环境信息协同感知、规划控制辅助，具体路侧感知设备选型、组合方案设计应依据实际场景确定。

11.1.3 低速无人车在运营区域没有车路协同设施也能依靠车辆本身完成任务。

11.1.4 低速无人车协同场景主要包括：

- (1) 交通要素汇聚节点感知协同（如复杂交叉口、无信号灯控制交叉口）；
- (2) 线路通行受阻（前方道路施工、障碍物等导致的无法通行，需要提前获取信息并提前规划路径）；
- (3) 封闭场所入场信息辅助及协同（如无人配送入场写字楼、厂区等）；
- (4) 无固定交通标志、标线且道路使用者角色多样、交通行为错杂无序的封闭区域（如公园清扫车面临同向、逆向靠道路边缘慢跑者、散步者或骑行爱好者）；
- (5) 其他（如单车感知盲区、存有不足或短板的场景，需要借力路侧辅助）。

11.1.5 通信方式：V2I，配合路侧 RSU 设备信息广播和转发。

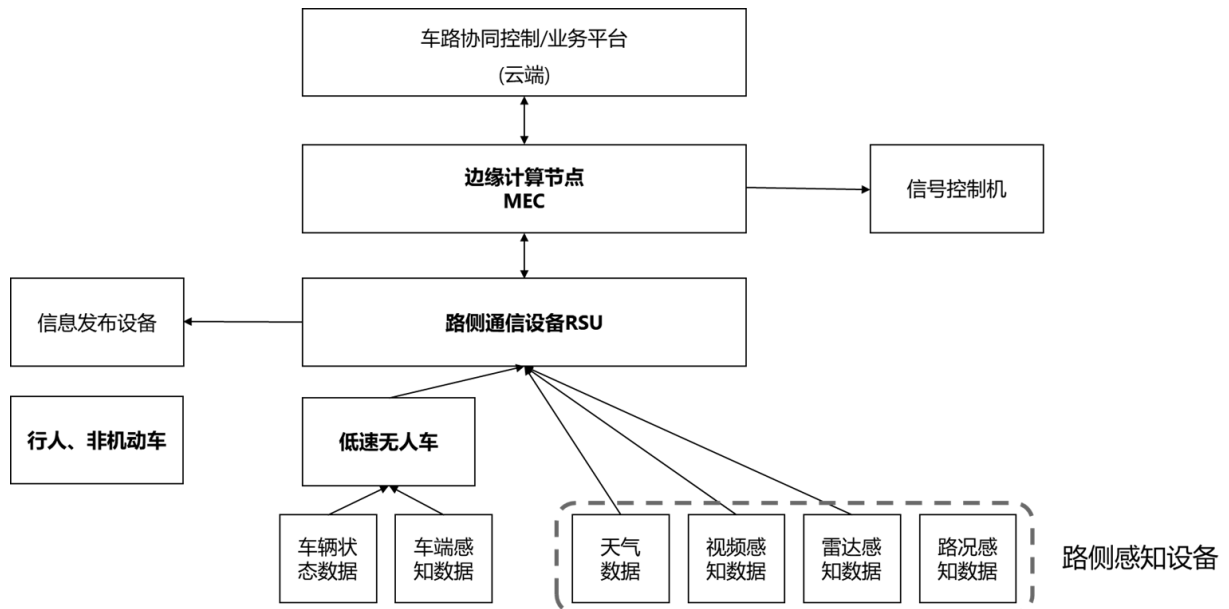


图3 低速无人车与车路协同系统通信示意图

11.1.6 低速无人车车路协同路侧感知设备采集的环境信息除了通过 RSU 转发给车辆外，还应同步上传至车路协同云控平台，平台根据运营总体规划下发全域调度控制指令，必要时实现车辆远程接管控制。

11.1.7 低速无人车 V2X 相关方可根据实际需求，就近部署 MEC 节点设备或 MEC 机房服务器等，为车辆运行提供就近计算服务。通过边缘计算完成车辆运行环境的计算分析和指令下达，辅助车辆安全行驶。

11.2 面向低速无人车的车路协同智能感知设备

车路协同智能感知设备主要包括智能摄像头、激光雷达、毫米波雷达、微波雷达、气象监测器以及路面环境监测器等，通过在路侧布设相关感知设备，实现对交通流检测、交通事件检测、交通参与者检测、路面以及气象环境监测等功能，基于以上交通信息的采集、分析、融合处理等，实现区域交通整体监控、优化管理以及特定交通场景的安全预警保障等功能。

- (1) 智能感知设备应具备交通流检测、交通事件检测、交通参与者检测、路面及气象环境监测等道路交通信息感知检测功能，优先选择一机多能或感知融合一体化设备；
- (2) 智能感知设备优先安装在道路已有杆件上，在功能及合规性满足的前提下，设备安装的杆件选择优先级依次为：路侧灯杆或立杆、红绿灯杆件、交管监控杆、标志牌杆件、新建杆件；
- (3) 智能感知设备至少具备RJ45 10M/100M自适应以太网口，支持TCP/IP协议；
- (4) 智能感知设备应支持自定义IP地址，支持灵活的组网方式；
- (5) 智能感知设备在带宽及时延满足前提下，优先采用无线网络传输；
- (6) 智能感知设备优先输出结构化数据，智能摄像头、激光雷达等设备要求输出原始图像及点云数据；
- (7) 智能感知设备应支持实时数据上传；
- (8) 智能感知设备支持与卫星时钟同步功能，优先选择自带GNSS模组设备，设备至少支持NTP协议；
- (9) 优先选择可自动标定设备；
- (10) 智能感知设备应支持车路协同支撑平台对设备的统一调度和管理；
- (11) 交通流检测设施、交通事件检测设施、交通参与者检测设施应至少支持抱箍安装、吊装等方式；气象监测设施和路面环境监测设施应支持共杆布设，实现共杆、供电、采集系统和通信传输共享；
- (12) 智能感知设备防护等级应不低于IP 66。

11.3 面向低速无人车的车路协同通信设备

11.3.1 路侧通信网一般要求

- (1) 开放道路沿线覆盖5G信号；
- (2) 对路侧设备无法通过有线网络回传数据的节点，需要有5G无线通讯网络信号覆盖，以实现通过5G无线网络回传数据的功能；
- (3) 对路侧感知设备提供数据回传的网络，要满足数据回传的数据带宽及延时要求。

11.3.2 功能要求

- (1) 低速无人车的路侧通信设备与自动驾驶智能网联汽车使用的路侧通信设备应能相互兼容，具备符合一致性认证的协议栈软件；
- (2) 路侧通信设备的功能、通信能力、接口模式、传输方式等，均能与智能网联汽车自动驾驶V2X车联网相互兼容；
- (3) 路侧通信单元支持低速无人车的各种典型应用场景。

11.4 信息发布设备

- (1) 信息发布设备包括可变信息标志和停车诱导设施。
- (2) 可变信息标志应遵循现行的《LED 道路交通诱导可变信息标志》（GA/T 484）中的基本功能要求，停车诱导设施应遵循《停车诱导信息集》（GB/T 26770）的相关规定。

11.5 面向低速无人车的车路协同平台的技术要求

车路协同控制/业务平台汇聚路侧所有智能化设备、车端以及其它平台端的数据，平台应具备数据存储、查询、索引、分析等功能，具备对海量数据的存储、计算、接口服务能力，通过安全、梳理、整合等一系列处理，产生可信及可用的信息，能够提供接口服务并供二次开发应用，为各种应用提供数据支撑。

11.6 车路协同及停靠点安全要求

11.6.1 概述

(1) 车路协同安全管理要求应符合 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 51038-2015 城市道路交通标志和标线设置规范、GB 5768 道路交通标志和标线的要求。

(2) 车路协同安全管理要求包含车路协同设备及系统的技术要求，以及停靠点的安全要求。

11.6.2 技术要求

11.6.2.1 车路协同系统

- (1) 车车协同：低速无人车与低速无人车辆之间进行通信的协同工作方式；
- (2) 车路协同：低速无人车与路侧设备进行通信的协同工作方式；
- (3) 路网协同：低速无人车行驶路线上的路侧感知设备与系统运营及系统管理平台进行通信的协同工作方式。

11.6.2.2 系统要求

- (1) 车路协同系统的类型应分为车端感知系统、路端感知系统和车路系统三个部分；
- (2) 车路协同设备由环境感知设备、安全预警设备、通信设备组成；
- (3) 车路协同设备及系统具备环境感知能力、安全预警能力、信息交互能力。

11.6.2.3 车路协同设备及系统技术要求

- (1) 周边环境感知能力
 - a) 周边环境定义：通过环境感知设备能够探测到的，处于低速无人车行驶路线上的即将抵达的区域。
 - b) 感知设施类型：
 - 道路及道路标线、路肩、路侧固定设施；
 - 机动车、非机动车、行人等交通参与方；
 - 道路施工、锥桶、围挡等临时道路管制设施。
 - c) 行驶环境感知能力：
 - 通过车载感知设备感知低速无人车在行驶或停车过程中的周边环境；通过路侧感知设备感知低速无人车在行驶路线上的周边环境。
- (2) 盲区环境感知能力
 - a) 盲区环境定义：通过车载或路侧设备无法探测到的，处于低速无人车行驶路线上的、即将抵达的区域。
 - b) 感知目标：机动车、非机动车、行人及其他交通参与方。
 - c) 感知目标类型：
 - 动态目标：低速无人车行驶路线上的处于运动状态的目标；
 - 静态目标：低速无人车行驶路线上的处于静止状态且无法转变为运动状态的目标；
 - 潜在目标：低速无人车行驶路线上的当前处于非运动状态，但是未来可能会呈现运动状态的目标。
 - d) 盲区环境感知能力：
 - 通过车载感知设备感知低速无人车行驶路线上的路侧设备无法探测到的周边环境；
 - 通过路侧感知设备感知低速无人车行驶路线上的车载设备无法探测到的周边环境。

11.6.3 车路协同安全预警

(1) 安全预警：对于在运行过程中对低速无人车行驶安全产生影响的条件及要素，所形成的预警对策。

(2) 安全等级的划分：

- a) 一级，危险报警区域；
- b) 二级，告警区域；
- c) 三级，安全区域。

(3) 安全等级对应情况

- a) 危险报警区域：障碍物位于行驶中的低速无人车1米范围内；
- b) 告警区域：障碍物位于行驶中的低速无人车1米到3.5米范围内；
- c) 安全区域：障碍物位于行驶中的低速无人车3.5米范围外。

(4) 安全响应措施

- a) 主动预警：低速无人车主动采取声音提示、报警灯提示等主动方式提示周边交通参与者的注意；
- b) 预警上报：低速无人车通过车路协同设备，系统上报到无人车运营方；
- c) 预警规避：低速无人车通过安全预警区域主动采取的用以提高安全等级的规避措施。

11.6.4 停靠点安全要求

11.6.4.1 停靠点设置

(1) 停靠点分类

根据低速无人车的行驶和停车状态，划分低速无人车停靠点为三类：固定停靠点、临时停靠点、紧急停靠点。

(2) 停靠点区域：

- a) 固定停靠点：设置于场（厂）内，并由专人负责维护和管理的区域；
- b) 临时停靠点：设置于场（厂）内或场（厂）外的固定位置，用于一般性临时停靠的区域；
- c) 紧急停靠点：设置于场（厂）内或场（厂）外的非固定位置，用于紧急情况下的临时停靠区域。

11.6.4.2 固定停靠点安全要求

(1) 固定停靠点：

- a) 固定停靠点是指低速无人车在规划的行驶路线上，必须停靠的临时停靠点；
- b) 固定停靠点根据车辆类型和尺寸大小划分相应的安全区域。

(2) 区域划分：

- a) 安全区域：低速无人车停靠点3.5米范围外的区域；
- b) 告警区域：低速无人车停靠点1米到3.5米范围内的区域；
- c) 禁止区域：低速无人车停靠点1米范围内的区域。

11.6.4.3 临时停靠点安全要求

(1) 临时停靠点：是指低速无人车在规划的行驶路线上的紧急停靠点或临时增加的停靠点。

(2) 紧急停车条件：

- a) 由于环境异常造成的低速无人车必须停车；
- b) 由于车辆安全风险造成的低速无人车必须停车；
- c) 由于运营或者管理系统下达的低速无人车停车指令。

(3) 临时增加停靠点条件：

a) 低速无人车因业务需要临时停车而临时增加的停靠点；
b) 低速无人车能有效判断临时停靠点的安全等级为三级区域或不会对停车及障碍造成伤害的二级区域；

- c) 获得运营或者管理系统确认的低速无人车停车指令。

(4) 安全环境判断

a) 紧急停车或临时停车触发：低速无人车在行驶过程中，禁止区域范围内存在运动状态目标的障碍物；

b) 停车预警：低速无人车在以低于5Km/h的速度行驶过程中，在告警区域范围内存在运动状态目标的障碍物。

(5) 临时停靠点安全要求

a) 周边环境安全

— 临时停靠点优先按向右前方向停靠的原则选择临时停靠点；

— 临时停靠点优先满足安全区域的原则选择临时停靠点。

b) 停靠安全

— 低速无人车在临时停靠时，主动采取声音提示、报警灯提示等主动方式提示周边交通参与者的注意；

— 低速无人车在临时停靠时，通过车路协同方式分发临时停靠信息到其他车路协同设备和系统。

12 认证检测流程

本系列标准涉及的低速无人车按公共安全产品的认证和检测流程执行。企业向认证机构提交申请资料后，认证机构开展认证受理，委托具有资质的检测机构开展检验检测，实施设计评估（技术审查）、运行考核（现场检查）等，形成认证决定，发放认证证书和标志。检测流程参照具有资质的检验检测机构的具体流程和本标准附录中的检验方法执行。

13 运行考核

认证低速无人车时，需要对产品进行运行考核（检查），对产品运行情况进行验证，内容包括使用项目或场所、使用数量、产品名称、规格型号、里程、运行时间、产品使用情况、故障处理情况等。

附录 A (规范性) 低速无人车试验方法

A.1 外观检查

低速无人车的外观检查项目如下所示：

- a) 各部位色泽均匀一致；
- b) 外表面应无明显的划伤、脱落、起皮、起泡、龟裂和锈蚀等疵病；
- c) 表面的刻字、符号、标志的着色应均匀、清晰、牢固；
- d) 产品的包覆应平整、牢固；
- e) 外表面清洗干净。不应有油脂、密封胶、焊剂等残余物；
- f) 紧固件、连接件外露的槽、孔、棱不应起毛和损伤；
- g) 外表面应有产品名称和车辆代号。

A.2 导航较准检查

采用 WGS-84 坐标系，低速无人车以正北方向为水平基准，地球径向方向为垂直基准；自带卫星定位，可支持 GPS、北斗导航或 RTK 基站等模式，自动校北。

A.3 机动性能

A.3.1 测试设备

如图 A1 所示，速度测试区域长度为 5 倍低速无人车长度（沿运动方向的长度），但不小于 1 000 mm，宽度 要保证低速无人车能够正常行走。测试区域各端要保留足够的空间进行加速和减速。

单位为毫米

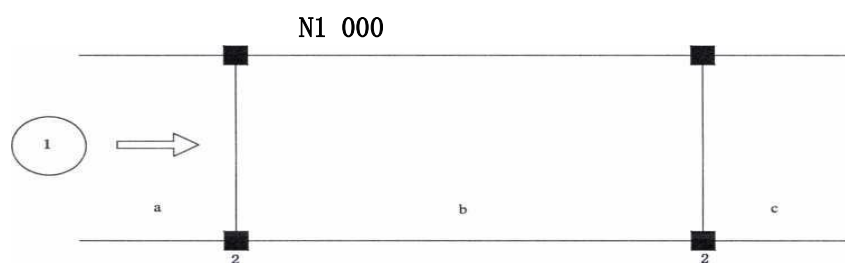


图 A1 额定速度测试方法

说明：1 低速无人车；
2 一起始线和终止线；
a——加速区域；
b——测试区域；
c——减速区域。

A.3.2 测试方法

测试步骤如下：

- (1) 将载有额定负载的低速无人车放置在初始位置；
- (2) 低速无人车从初始位置开始加速，以便在起始线前达到额定速度；
- (3) 低速无人车在同一位置通过速度测试区域的时间为 t ；
- (4) 低速无人车通过终止线后减速至停止；
- (5) 按式 1 计算额定速度。

$$V = s/1000t$$

式中:

V --- 速度, 单位为米每秒 (m/s);

s --- 距离, 单位为毫米 (mm);

t --- 时间, 单位为秒 (s)。

式 1 额定速度

如果低速无人车未通过测试区域的终止线或者偏离指定行驶方向超过速度测试区域长度的 10%, 则认为测试失败, 失败的情况需在报告中说明。取连续 3 次测试成功的最小速度值作为本测试中的额定速度值 v 。

A.3.3 测试结果

测试完成后, 填写测试结果见表 A1。测试报告中应记录测试环境如地面材质、摩擦系数等。

表 A1 额定速度测试记录表

单位为米每秒

第一次	第二次	第三次	额定速度 (三次中最小值)
$v1$	$v2$	$v3$	v

A.4 制动能力

A.4.1 测试设备

坡度测试台或类似功能坡度装置 (见图 A2); 要求坡度高度可调节, 最小角度调节误差不大于 $\pm 0.5^\circ$; 坡度长度不小于 5 倍低速无人车长度 (沿运动方向的长度, 不小于 1000 mm), 应能避免因惯性冲上坡; 坡度宽度足够宽, 应能避免低速无人车冲下坡, 宜在坡面两侧添加安全护栏。

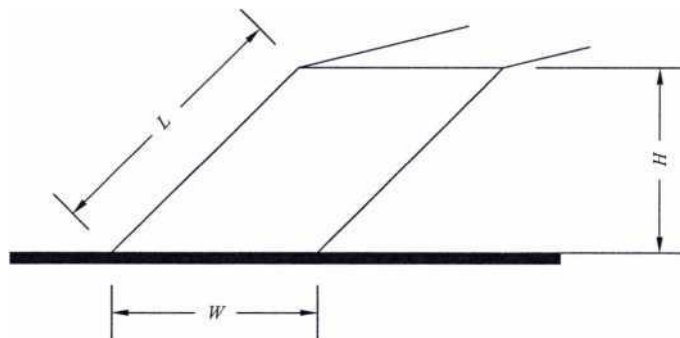


图 A2 坡度测试台

说明:

L 长度; W ——宽度; H ——高度。

A.4.2 测试方法

测试步骤如下:

- (1) 将坡度测试台坡度调至最低位置, 低速无人车停在坡道上的最下方位置, 作为初始位置;
- (2) 低速无人车依次按表 6 测试配置的路径和方向移动到目标位置;
- (3) 用角度传感器直接获取爬坡角度或用坡度高度 H 和长度 L 间接计算爬坡角度;

- (4) 驻坡测试单独进行, 测试时低速无人车应在坡道中间 ($L/2$) 停止 30s;
- (5) 每个测试配置测试不少于 3 次, 单次测试中如果失败可重复一次, 如果仍失败, 本测试终止。

表 A2 最大坡度测试配置

测试配置	低速无人车相对于斜坡的路径	低速无人车的移动方向
1	向上	前进
2	向上	后退
3	向下	前进
4	向下	后退
5	横向 (垂直面)	前进

A.4.3 测试结果

每次测试时, 若低速无人车在上坡或下坡的任一过程中出现倾倒、下滑、侧滑、颠簸、走歪以及报错等异常状况时, 则认为此过程测试失败, 低速无人车无法在此坡度或更高坡度下运行时测试结果应遵循:

- (1) 包含低速无人车额定负载、额定速度, 以及具体的测试环境等;
- (2) 取连续 3 次测试成功的最小角度值;
- (3) 如在 A4.2 测试方法 (5) 中有失败情形需在报告中说明。

A.5 越障能力

A.5.1 测试设备

测试用障碍物的具体类型与尺寸见表 A3。

E 类障碍物长度 L 不小于 3 倍低速无人车长度 (沿运动方向的长度), 宽度 W 大于低速无人车的宽度且应不小于 1000mm。

F 类障碍物整体长度不小于 3 倍低速无人车长度 (沿运动方向的长度), 且用于足腿式低速无人车测试时单个台阶的长度 L 大于低速无人车足底的长度, 宽度 W 大于低速无人车的宽度且不小于 1000mm。

表 A3 障碍物的类型与尺寸

单位为毫米

序号	类型	形状	尺寸
1	A1	台阶类似 障碍物	$1200(W) \times 40(L) \times H$
2	A2		$1200(W) \times 1500(L) \times H$
3	B	圆形截面 障碍物	$1200(W) \times \varnothing$
4	C	圆弧形截面 障碍物	$1200(W) \times R$
5	D	地毯类似 障碍物	$1200(W) \times 1200(L)$
6	E	单个台阶	$H \geq 100, W \geq 1000$
7	F	连续台阶	$H \geq 100, W \geq 1000, \text{级数 } 23$

注 1: 轮式低速无人车不适用 E 类、F 类障碍物测试。

注 2: 圆形截面直径; R 圆弧形截面半径。

A.5.2 测试方法

测试步骤如下：

- (1) 根据表 A3 选择测试障碍物的类型，并确定具体尺寸；
- (2) 使低速无人车在正常工作条件下到达障碍物前方并通过障碍物，前进方向需垂直于障碍物；
- (3) 对于 E 类、F 类障碍物，应从上和下两个方向上分别测试。

A.5.3 测试结果

低速无人车在上、下台阶或越过障碍时不应损坏，且通过障碍物时，低速无人车不应与障碍物接触，其车轮、履带、足底除外。

测试完成后，填写测试结果，见表 A4。测试报告中，应记录障碍物材质与摩擦系数等。

表 A4 越障能力

类型	名称	通过性		测试结果
		是	否	
A1	台阶类似 障碍物			台阶最大高度
A2				台阶最大高度
B	圆形截面 障碍物			圆形截面最大直径
C	圆弧形截面障碍物			圆弧形截面最大半径
D	地毯类似 障碍物			密度和绒头高度
E	单个台阶（上方向）			台阶最大高度
	单个台阶（下方向）			台阶最大高度
F	连续台阶（上方）			台阶最大高度级数
	连续台阶（下方向）			台阶最大高度级数

A.6 电磁兼容性

A.6.1 射频电磁场辐射抗扰度

低速无人车的射频电磁场辐射抗扰度应至少符合GB/T 17626.3-2016中严酷等级3的要求。试验中允许功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预。

A.6.2 静电放电抗干扰度

低速无人车的静电放电抗干扰度应至少符合GB/T 17626.2-2018中严酷等级3的要求。试验中允许功能或性能暂时丧失或降低，但在骚扰停止后能自行恢复，不需要操作者干预。

A.6.3 外壳防护性能

户外使用的低速无人车的外壳防护性能应至少符合GB/T 4208的中IP55等级要求。

A.7 环境适应性

A.7.1 工作温度

低速无人车在-25℃~55℃环境下应能正常工作。

A.7.2 贮存温度

户外使用的低速无人车在-25℃~55℃环境下贮存，开机后应能正常工作。

附录 B (规范性) 底盘检测方法

B.1 一般要求

低速无人车线控底盘一般均需经过仿真测试、专用试验场的自主等级测试和产品性能检测,符合本标准各项规定,方可允许进入城市区域内应用和运营。职能管理部门或相关利益方有其他要求的除外。

低速无人车线控底盘的自动等级勘定和EPS转向、电磁骚扰等测试及电池、充电要求,应按如下要求进行检测并由检测机构出具检测报告。

各种基于已经完成检测的线控底盘而改装的低速无人车,其中底盘检测部分可直接采纳相应的检测结果。

B.2 通信能力要求

通讯总线采用 CAN2.0B,同一网段允许标准帧/扩展帧同时存在,标准帧优先。

B.3 核心系统功能要求

B.3.1 驱动

B.3.1.1 底盘驱动力输出尽量呈线性,不同车辆间的油门开度-加速度曲线的最大和最小斜率应控制在 10%内;

B.3.1.2 在给定油门开度不变的情况下,车辆的稳定车速不应该有明显的震荡,震荡幅度不应该超出平均速度的 5%;

B.3.1.3 在同一路面、初始车速与油门开度条件下,不同车辆的加速度应该尽量保持一致,误差不应超过 0.1 m/s^2 ;

B.3.1.4 在同一路面条件与油门开度下,不同车辆的稳定速度应该尽量保持一致,误差不应超过 0.1 m/s 。

B.3.1.5 驱动接口:底盘速度接口,加速度接口或油门踏板接口均可支持。当使用速度接口时,底盘车速需能跟随期望速度的要求;当使用加速度接口时,车辆需实现对期望信号的响应,提供良好的加速及匀速工况响应。

B.3.2 制动

B.3.2.1 底盘制动力应保证线性输出,不同车辆间的制动压力-减速度曲线的最大和最小斜率应控制在 10%内;

B.3.2.2 制动接口:需可提供速度,加速度或油压接口,以支持不同垂直载荷下,制动系统的闭环控制。当使用速度接口时,底盘车速需能跟随期望速度的要求。当使用加速度接口时,车辆需实现对期望信号的响应,提供良好的减速及匀速工况响应。

B.3.2.3 在同一路面、初始车速与制动压力条件下,不同车辆的减速度应该尽量保持一致,误差不应超过 0.1 m/s^2 ;

B.3.2.4 紧急制动的处理要求:需提供紧急制动模式方案,并保证紧急制动情况下,制动系统能提供整车最大制动力制动。

B.3.2.5 液压制动响应时间:指令发出到最大压力建立 $\leq 1\text{s}$ 。

B.3.2.6 最大制动压力:需满足最小制动距离要求。

B.3.2.7 非正常退出自动驾驶模式时,需自动进入紧急制动模式。

B.3.3 驻车

B.3.3.1 驻车接口：要求提供驻车挡位信息及驻车系统状态，包含正在释放，完成释放，正在夹紧，完成加紧四个状态。

B.3.3.2 纵向控制指标：

表B1 速度 V_x 控制

No.	项目	需求指标	说明
1	车速范围	-10~25 km/h	
2	支持挡位	P, D, N, R	
3	V_x 稳态误差@10km/h	$\leq \pm 3\%$	参考图例： V_x 第一次到达目标值的 97% 后的 $t_s = 1$ 秒的值及此后的值即视为 V_x 的稳态值，稳态值与目标值之差即视为稳态误差 低速要考虑速度精度。
4	V_x 超调量@10km/h	$\leq \pm 5\%$	参考图例
5	V_x 响应时间	$\leq 60\text{ms}$	参考图例
6	最大 V_x 变化率	$\geq 8 \text{ m/s}^2$	给定速度目标后，需加速时：电机输出的最大功率应接近电机的峰值功率；需制动时：车辆可达到的最大 v_x 变化率绝对值应不小于 8 m/s^2 。
7	能响应的最大 V_x	$\geq 15 \text{ km/h}$	B 方案需满足 $\geq 25 \text{ km/h}$
8	反馈底盘 V_x 误差	$\leq \pm 0.1 \text{ km/h}$	
9	V_x 最小分辨率	$\leq 0.1 \text{ km/h}$	绝对值
10	V_x 控制指令更新频率	周期 $\leq 20\text{ms}$	
11	测量的 V_x 反馈频率	周期 $\leq 20\text{ms}$	

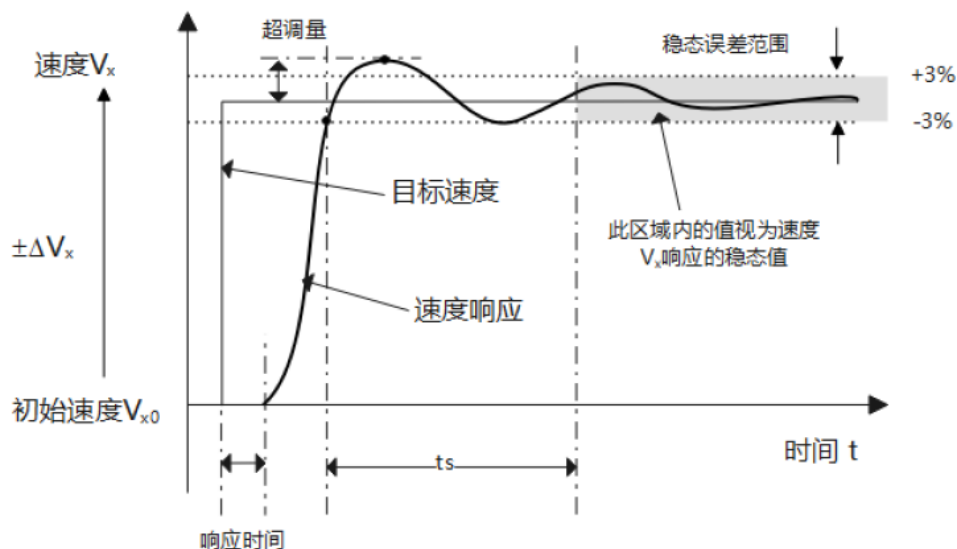


图1 速度 V_x 控制指标说明

表B1 正常模式下的加速度 a_x 控制

No.	项目	需求指标		说明
		加速（电机）	减速（制动）	
1	车速范围	-10~25 km/h	-10~25 km/h	
2	a_x 稳态误差	$\leq \pm 0.1\text{m/s}^2 @ 1\text{m/s}^2$	$\leq \pm 5% @ -6\text{m/s}^2$	参考图例： a_x 第一次到达目标值的 95% 后的 $t_s = 1$ 秒的值及此后的值即视为 a_x 的稳态值，稳态值与目标值之差即视为稳态误差
3	a_x 超调量	$\leq \pm 0.2\text{m/s}^2 @ 1\text{m/s}^2$	$\leq \pm 15% @ -6\text{m/s}^2$	参考图例
4	a_x 响应时间	$\leq 30\text{ms}$	$\leq 250\text{ms}$	参考图例
5	a_x 上升时间	$\leq 1\text{s}$	$\leq 1\text{s}$	参考图例
6	能响应的最大 a_x	---	$\geq 8\text{m/s}^2$	加速：加速时的能响应的最大 a_x 应大约达到电机峰值输出；减速：绝对值；
7	反馈底盘 a_x 误差	$\leq \pm 0.05 \text{ m/s}^2$	$\leq \pm 0.05 \text{ m/s}^2$	底盘速度信号计算的加速度与加速度传感器信号对比。需确认
8	a_x 最小分辨率	$\leq 0.05\text{m/s}^2$	$\leq 0.05\text{m/s}^2$	绝对值
9	a_x 控制指令更新频率	周期 $\leq 20\text{ms}$	周期 $\leq 20\text{ms}$	
10	测量的 a_x 反馈频率	周期 $\leq 20\text{ms}$	周期 $\leq 20\text{ms}$	

注：正常模式指非紧急制动模式

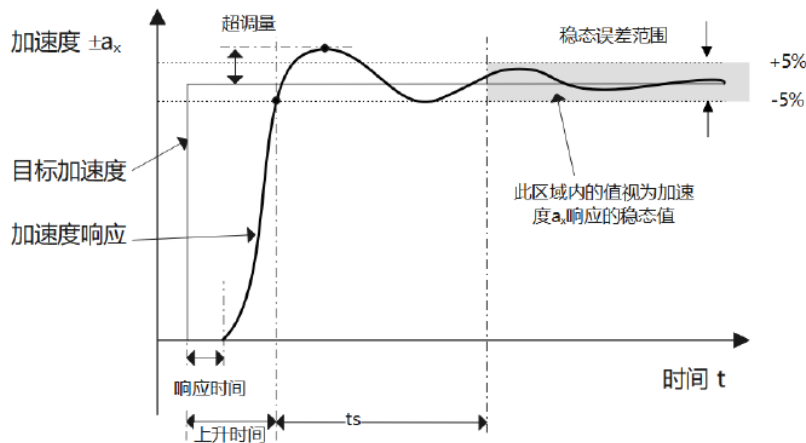
图2 正常模式下的加速度 a_x 控制指标说明

表 B3 驻车控制

No.	项目	需求指标		说明
		正常模式	紧急制动模式	
1	车速范围	-10, 10 km/h	-10, 10	
2	支持挡位	P, D, N, R	P, D, N, R	
3	夹紧完成时间	$\leq 1.5s$	$\leq 1.5s$	
4	解锁完成时间	$\leq 1.5s$	$\leq 1.5s$	
5	驻车制动可用坡度	$\leq 15\%$	$\leq 15\%$	
6	冗余驻车可用坡度	$\geq 15\%$	$\geq 15\%$	上下电均有驻车系统保障

B.3.4 转向

B.3.4.1 左右最大转角一致性：实测左转车轮最大转角与右转车轮最大转角偏差 $<1^\circ$ ，与说明文档中最大转角偏差 $<1^\circ$ ；

B.3.4.2 基本需求：支持转角闭环控制功能；

B.3.4.3 接口需求：提供方向盘转角信号接口、转向电机转速信号接口（可选）；

B.3.4.4 故障诊断：基于方向盘转角传感器和转向电机转速传感器设计明确、合理的转向系统异常检测机制并上报对应的故障码；

B.3.4.5 故障处理：转向系统应对外部上层控制器数据中断、延时、数据错误、丢帧、反序有相应的检测机制，数据无效时，容忍期内使用当前指令并反馈异常状态 1，容忍期后使用当前指令并反馈异常状态 2（区别于状态 1 即可），容忍期为 3 个周期。反馈异常状态 1 或状态 2 后，若连续 5 个周期正常，则恢复反馈正常状态。

B.3.4.6 底盘匀速跑偏要求：上层控制器发送 0° 期望转角，底盘行驶 100m，侧向跑偏 $<2m$ ，航向角变化 $< 1.1^\circ$ ；

B.3.4.7 转向指标控制：见表 B4。

表 B4 转向系统性能指标

序号	性能项	指标	备注
1	转向支持车速	-8~30km/h	
2	转向性能支持载重	≤底盘自重+600kg	以下指标考虑该载重全范围
3	转角范围	-35° ~35°	若与最小转弯半径需求不一致,以高标准为准
4	通讯接口	CAN	
5	控制指令更新频率	周期 ≤ 50ms	
6	转角测量反馈频率	周期 ≤ 20ms	
7	转角测量分辨率	≤0.5°	
8	转角稳态误差	≤0.5°	恒定转角指令发出 1s 后即视为稳态
9	转角超调量	≤ 1°	相对当前角度正负 5° 的阶跃响应
10	转角响应时间	≤ 200ms	相对当前角度正负 5° 的阶跃响应,从发出指令到第一次达到目标值时间
11	转向角速度	峰值 > 20° /s; 且 -30° ~ 30° , 响应时间 < 3.5s	
12	转向间隙	< 0.5°	等效前轮转角处
13	转向响应迟滞	10° /s 的期望转角速率: < 200ms; 5° /s 的期望转角速率: < 100ms	

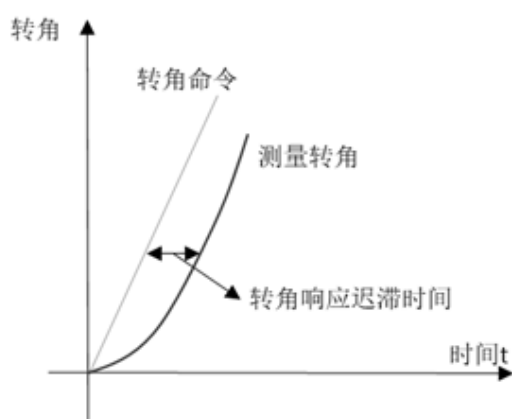


图 B3 转角迟滞响应

B.3.5 里程计

B.3.5.1 两个后车轮需加装轮速传感器，速度精度需达到 0.1kph。

B.3.5.2 轮速和轮位置信号以 CAN 报文形式发送，发送频率大于 10Hz。

B.3.6 其它

需保证底盘响应控制信号的稳定及可靠，不能出现底盘转向及制动响应失效的情况。

B.4 OTA

底盘需支持 OTA，需供应商开发支持 OTA 升级的 Bootloader 及相关的协议。

B.5 设计寿命

技术要求：3 年/6 万公里。

B.6 其它补充要求

- (1) 设计和制造时要求高度重视设备的操作使用安全性能，杜绝安全隐患；
- (2) 采用标准通用工具进行安装、调试、维护；
- (3) 零件防呆：有拆装需求的零件和组件要满足防呆设计，避免日常拆装过程中错装和漏装；
- (4) 物料或产品防呆：有无、正反、角度、混料情况有结构防呆；或有探测功能，从软件上实现防呆；
- (5) 定期点检，校准防呆：要求从软件上实现，未定期校准的设备报警，提示，停机；
- (6) 易损件预警防呆：易损件即将到期提前软件预警并提示。

附录 C (规范性) 自主行驶能力测试规程

C.1 概述

C.1.1 本规程是对低速无人车自主行驶和运行能力的测试流程。低速无人车所有者、运营者及利益相关者（如地方政府职能部门等）可依此规程对开展运营的车辆进行基本验证测试。

C.1.2 此项测试为基本测试，包括相应的规程的测试矩阵、环境参数、危险情况、可行驶区域的MRM测试等。

C.1.3 运营地区的职能管理部门或利益相关方有要求的，可以增选其他条件。

制造商可选择性执行与低速无人车 ODD 相关的测试规程。例如，如果某辆低速无人车的 ODD 不允许夜间运行，那么将不需要执行夜间测试规程。如下表 C1 所示。

表 C1 根据低速无人车 ODD 参数选择相应的测试规程

ODD 场景需求	相关测试规程
有行人	紧急情况测试（行人）
有自行车	紧急情况测试（自行车）
有机动车	紧急情况测试（机动车）
需在夜间运行	夜间测试条件
需在白天运行	白天测试条件
需在雨天运行	环境条件中应该包含雨天条件

C.2 环境要求

环境条件应根据具体的 ODD 来选择。建议按其边界值选择 ODD 属性（如降雨量、照明条件等）。

C.3 危险情况的确定

C.3.1 概述

在自动驾驶系统激活状态下，低速无人车应监测周围环境，并应确定是否存在危险情况。危险情况可能涉及到电动自行车、自行车、骑自行车的人、行人、动物、其他道路参与车辆，以及静止的或动态的障碍。一旦无人车确定了危险情况，自动驾驶系统应采取行动，避免上述危险情况的发生，并向外部道路参与者发出警告。

C.3.2 非遮挡视野

最低限度下，低速无人车应当对涉及行人的危险情况作出反应，如图 C1 所示。涉及骑自行车的人的典型危险情况如图 C2 所示。图 C1 和图 C2 分别显示了迎面而来的物体（行人或骑自行车的人）没有被遮挡的危险情况。

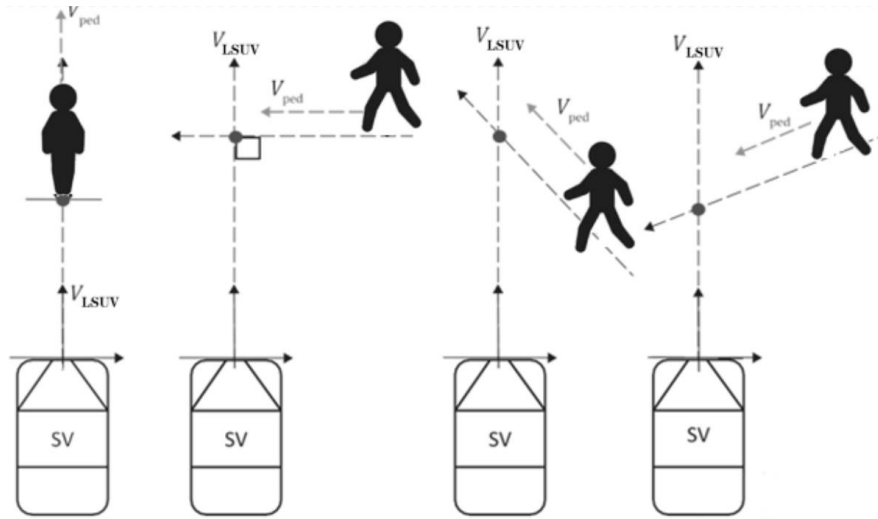


图 C1 低速无人车遭遇行人的危险情况

符号含义：SV 被控车辆； V_{ped} 行人速度； V_{LSUV} 低速无人车速度

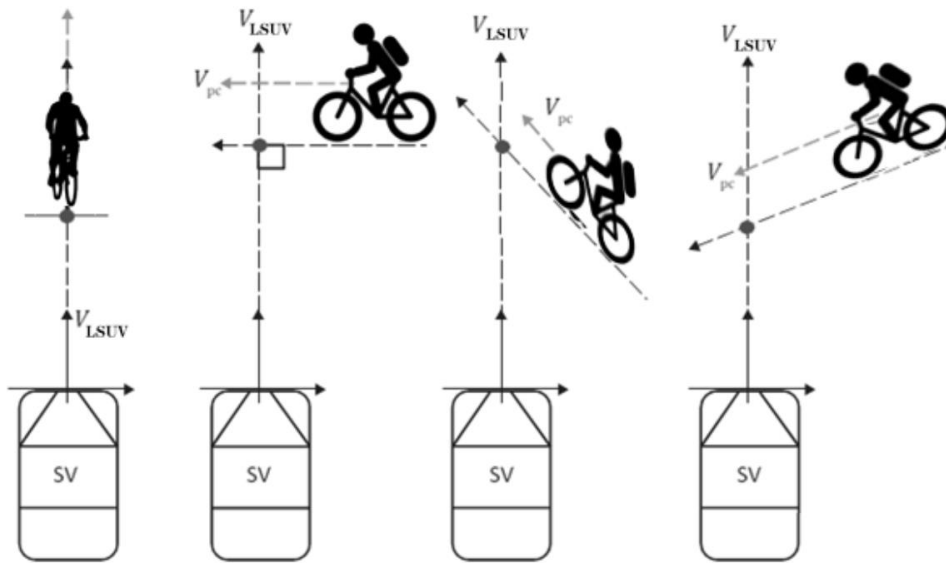
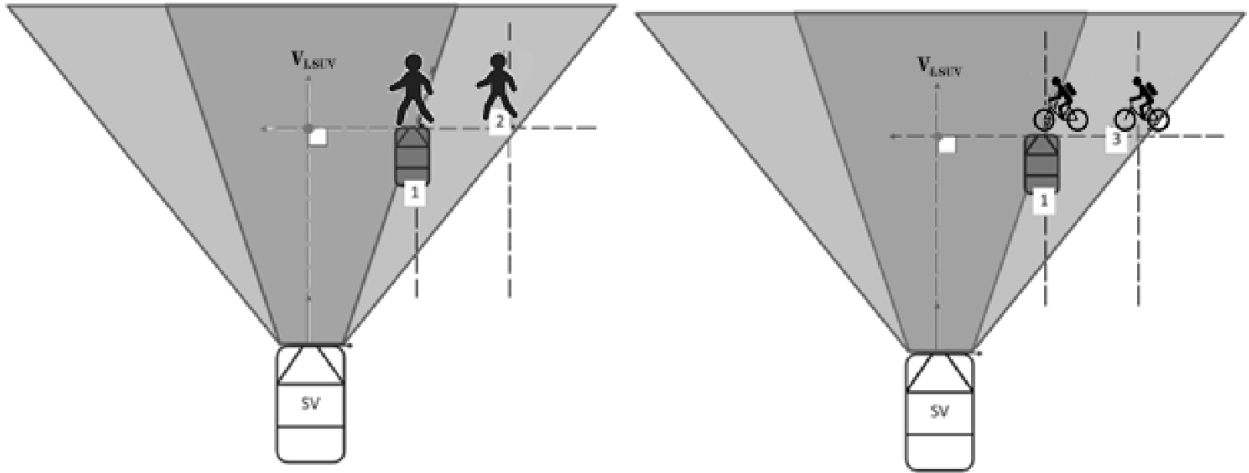


图 C2 低速无人车遭遇自行车或电动自行车的危险情况

符号含义：SV 被控车辆； V_{pc} 自行车或电动自行车速度； V_{LSUV} 低速无人车速度

C.3.3 遮挡的视野

图 C3 ①显示了一个典型的涉及行人被遮挡情况下的危险情况。图 C3 ②显示了一个典型的涉及到骑自行车的人在被遮挡的情况下的危险情况。在这两个图中，描述了低速无人车的两个可能的检测区域的例子。这两个检测区的区别在于它们的视野，这可能导致对危险情况的早期或晚期检测。



① 被遮挡的危险情况--行人

② 隐蔽的危险情况--骑自行车的人

图 C3 被遮挡的危险情况--行人和骑自行车的人

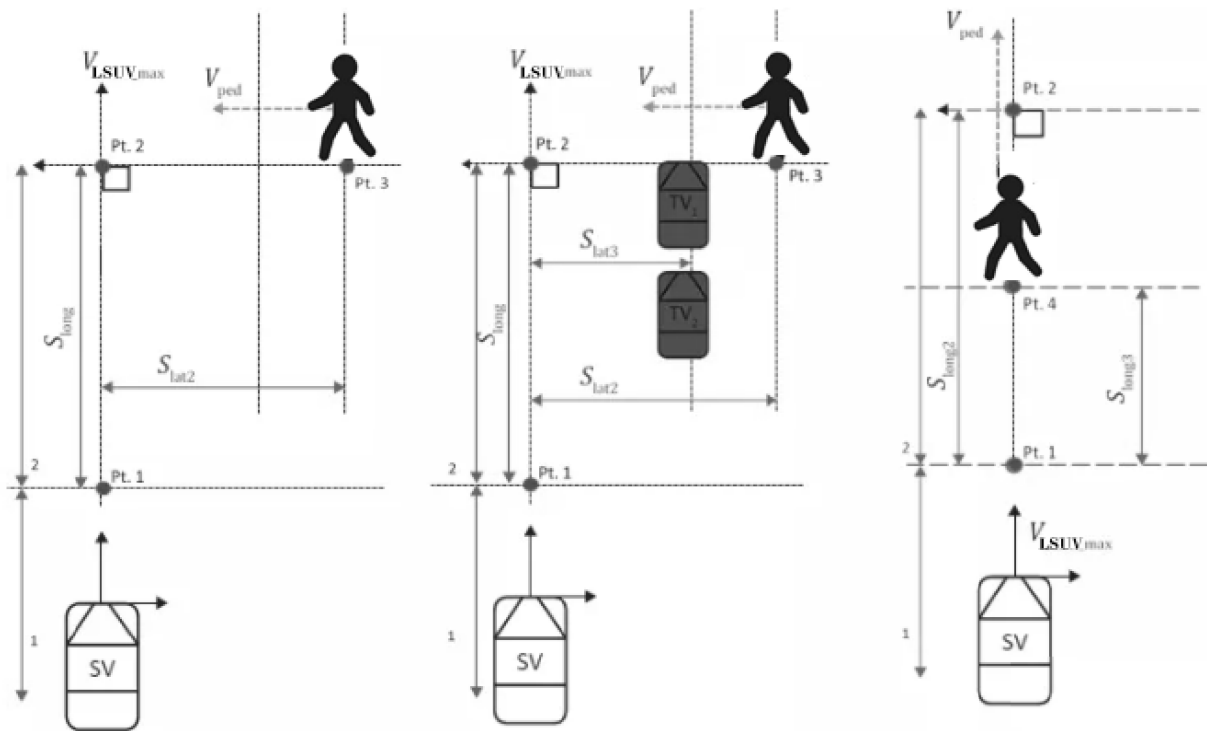
符号含义：SV 被控车辆； V_{LSUV} 低速无人车速度。

C.4 危险情况处理能力测试

C.4.1 作为障碍物的行人

C.4.1.1 测试设置

图 C4 描述了行人危险情况测试的试验装置。



① 非遮挡行人垂直运动目标测试装置

② 被遮挡的行人目标测试装置

③ 无遮挡行人同向运动目标测试装置

图 C4 行人目标（被遮挡和不被遮挡）检测设置

符号含义：

V_{LSUV_max}	低速无人车的最大车速 (m/s)
S_{long}	情况 A 和情况 B 的评估路径的纵向距离 (m)
S_{long2}	情况 C 的评估路径的纵向距离 (m)
V_{ped}	行人速度 (m/s)
S_{lat2}	SV 与行人起点之间的横向距离 (m)
S_{lat3}	SV 与目标车辆之间的横向距离 (TV1 和 TV2) (m)
S_{long3}	Pt. 1 和 Pt. 4 之间的纵向距离 (m)
Pt. 1	评估路径的起点
Pt. 2	评估路径的终点
Pt. 3	V_{ped} =情况 A 和情况 B 的指定目标速度的点
Pt. 4	V_{ped} =情况 C 的指定目标速度时的点
SV	测试车辆
TV _x	目标车辆 ($x = 1, 2$)
1	途径路径
2	评估路径

图 C4 ① 描述了一个无遮挡的行人危险情况。

图 C4 ② 描述了一个被两辆静止车辆遮挡的行人目标。

图 C4 ③ 描述了一个非遮挡的行人目标在与 SV 相同的方向移动。在测试装置中应同时使用成人和儿童目标。

C. 4. 1. 2 车辆参数

第 1 点的车辆速度 (V_{LSUV_max}) 应是第 1 点的“测试速度” ± 0.07 m/s。“测试速度”应是由制造商或其他相关利益方定义的低速无人车的最大运行速度。

C. 4. 1. 3 行人目标参数 - 情况 A

行人目标的速度 (V_{ped}) 在到达第 3 点时应是 2.2 ± 0.07 m/s。行人 (在第 3 点) 与车辆中心线的横向距离应是 4 ± 0.1 米 (S_{lat2})。

C. 4. 1. 4 行人和车辆目标参数 - 情况 B

行人目标的速度 (V_{ped}) 在到达点 3 时应是 1.39 ± 0.07 m/s。行人 (在第 3 点) 与车辆中心线的横向距离应是 4 ± 0.1 米 (S_{lat2})。

所使用的行人目标应包括成人和儿童目标，用于情况 A 和情况 B 测试程序。

目标车辆 [TV1 和 TV2] 中心线与 SV 中心线之间的横向距离应为 3 ± 0.1 米 (S_{lat3})。TV1 的前缘应设置在第 2 点的侧线之前 1 米，TV1 的后缘和 TV2 的前缘之间的距离应为 1 米。

C. 4. 1. 5 行人目标参数-情况 C

行人目标的速度 (V_{ped}) 在到达 4 点时应是 2.2 ± 0.07 m/s。行人 (在 4 点) 与 1 点的纵向距离应是 25 ± 1 米 (S_{long3})。如果 $V_{LSUV_max} < V_{ped}$ ，那么在情况 C 测试中， V_{ped} 应被降低到小于 V_{LSUV_max} 。

C. 4. 1. 6 纵向启动距离

测试评估的纵向启动距离 (S_{long}) (在情况 A 和 B) 应取决于低速无人车的最高速度 (V_{LSUV_max})。根据低速无人车驱动的车辆的最高速度， S_{long} 应按公式 (1) 和公式 (2) 计算。

$$T_{\text{ped_to_pt2}} = \frac{S_{\text{lat2}}}{V_{\text{ped}}} \quad (1)$$

$$S_{\text{long}} = V_{\text{LSUV_max}} \times T_{\text{ped_to_pt2}} + 1\text{m} \quad (2)$$

评估试验的纵向起始距离应至少为 75 ± 1 米 ($S_{\text{long}2}$)。

C.4.1.7 环境参数

环境应满足本系列标准第 2 部分第 10 项中所约定的环境要求。特殊环境下，经与相关利益方协商，可选择其他环境条件。

C.4.1.8 通过标准

对于儿童目标，测试程序应重复 5 次。如果低速无人车测试车辆 (SV) 在测试中完全避免了与每个行人目标的碰撞，并且连续 5 次提供了外部警告，则测试应被视为通过。对于情况 C，如果车辆连续 5 次在行人后面保持至少 1 ± 0.1 米的距离，则测试应视为通过。

C.4.2 作为障碍物的自行车手

C.4.2.1 测试设置

图 C5 描述了自行车目标危险情况测试的测试设置。

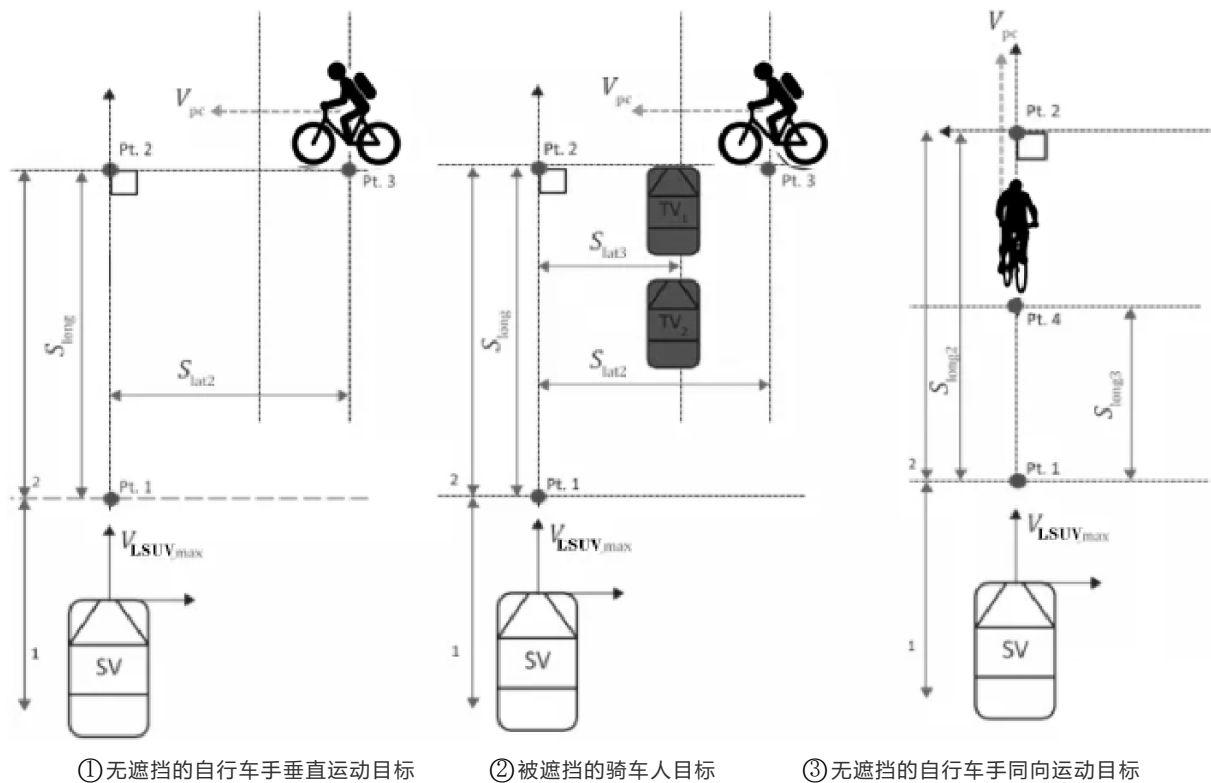


图 C5 自行车目标（遮挡和不遮挡）检测设置

字符含义：

VLSUV_max	低速无人车的最大车速(m/s)
Slong	情况 A 和情况 B 的评估路径的纵向距离 (m)
Slong2	情况 C 的评估路径的纵向距离 (m)
Vpc	自行车速度(m/s)
Slat2	SV 与行人起点之间的横向距离(m)
Slat3	SV 与目标车辆之间的横向距离(TV1 和 TV2)(m)
Slong3	Pt. 1 和 Pt. 4 之间的纵向距离(m)
Pt. 1	评估路径的起点
Pt. 2	评估路径的终点
Pt. 3	Vped=情况 A 和情况 B 的指定目标速度的点
Pt. 4	Vped=情况 C 的指定目标速度时的点
SV	测试车辆
TVx	目标车辆 (x= 1, 2)
1	途径路径
2	评估路径

图 C5 ① 描述了一个无障碍的自行车目标。

图 C5 ② 描述了一个被两辆静止的车辆遮挡的自行车目标。

图 C5 ③ 描述了一个不被遮挡的骑自行车的人在目标车辆的方向行驶。

C. 4. 2. 2 车辆参数

车辆速度 (VLSUV_max) 应是第 1 点的“测试速度” ± 0.07 m/s。“测试速度”应是由制造商或其他相关利益方定义的低速无人车的最大运行速度。

C. 4. 2. 3 自行车目标参数 - 情况 A

自行车目标的速度 (Vpc) 在到达 3 点时应是 4.16 ± 0.07 m/s。

自行车驾驶员 (在第 3 点) 与车辆中心线的横向距离应为 4 ± 0.1 米 (Slat2)。

C. 4. 2. 4 自行车手和车辆目标参数 - 情况 B

自行车目标的速度 (Vpc) 在到达点 3 时应是 2.77 ± 0.07 m/s。

踏板自行车手 (在点 3) 与车辆中心线的横向距离应为 4 ± 0.1 米 (Slat2)。

目标车辆 (TV1 和 TV2) 中心线与 SV 中心线之间的横向距离应为 3 ± 0.1 米 (Slat3)。TV1 的前缘应设置在第 2 点的横向线之前 1 米, TV1 的后缘和 TV2 的前缘之间的距离应为 1 米。

C. 4. 2. 5 自行车目标参数-情况 C

自行车目标的速度 (Vpc) 在到达 4 点时应是 4.16 ± 0.07 m/s。自行车手 (在 4 点) 与 1 点的纵向距离应是 15 ± 1 米 (Slong3)。

如果 $VLSUV_max < Vpc$, 那么 Vpc 应被降低到小于 VLSUV_max 的情况 C 测试。

C. 4. 2. 6 纵向启动距离, Slong

测试评估的纵向启动距离 (Slong) (在情况 A 和情况 B 下) 应取决于低速无人车的最高速度 (VLSUV_max)。根据低速无人车驾驶的车辆的最高速度, Slong 应按公式 (3) 和公式 (4) 计算。

$$T_{pc_to_pt2} = \frac{S_{lat2}}{V_{pc}} \quad (3)$$

$$S_{long} = V_{LSUV_max} \times T_{pc_to_pt2} + 1m \quad (4)$$

评估试验的纵向起始距离（在情况 C）应至少为 75 ± 1 米（ S_{long2} ）。

C.4.2.7 环境参数

环境应满足本系列标准第 2 部分第 10 项中所约定的环境要求。特殊环境下，经与相关利益方协商，可选择其他环境条件。

C.4.2.8 通过标准

测试程序应重复 5 次。如果低速无人车 (SV) 在测试中完全避免与自行车目标相撞，并连续 5 次为外部道路使用者提供警告，则测试应被视为通过。对于情况 C，如果车辆连续 5 次在骑自行车的人后面保持至少 1 ± 0.1 米的距离，则测试应被视为通过。

C.4.3 转弯时的危险情况

C.4.3.1 测试设置

图 C6 描述了在危险情况下转弯的测试设置。

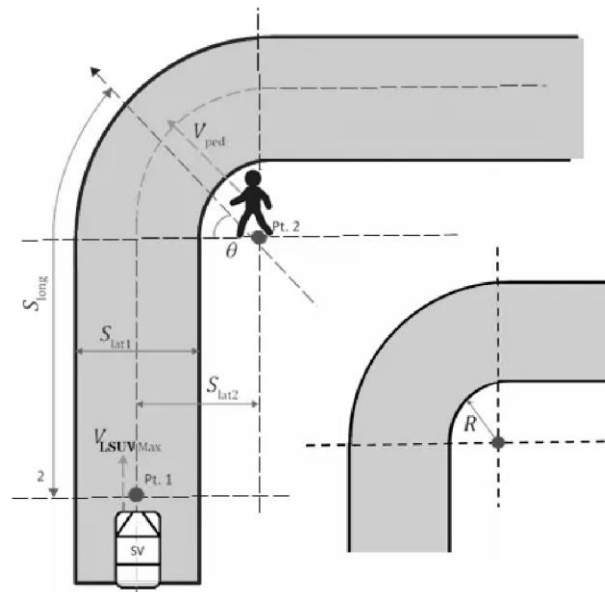


图 C6 危险情况测试 - 拐弯处的转弯

字符含义：

V_{LSUV_max}	低速无人车的最大车速 (m/s)
S_{long}	评估路径的纵向距离 (m)
V_{ped}	行人速度 (m/s)
SV	测试车辆
R	道路曲率半径
Pt. 1	评估路径的起点
Pt. 2	V_{ped} = 指定目标速度的点
S_{lat1}	驾驶区域宽度 (m)
S_{lat2}	SV 与行人起点之间的横向距离 (m)
θ	在评价路径的直线段上，行人轨迹与车辆轨迹之间的角度
2	评价路径

C.4.3.2 车辆参数

第1点的车辆速度 (V_{LSUV_max}) 应是“测试速度” ± 0.07 m/s。

C.4.3.3 行人目标参数

行人目标的速度 (V_{ped}) 在到达点2时应是 2.2 ± 0.07 m/s。

行人（在第2点）与车辆中心线的横向距离应是 4 ± 0.1 米 (S_{lat2})， θ 应在 45° 和 75° 之间。R 应在 3.05 ± 0.1 m 和 4.57 ± 0.1 m 之间。

C.4.3.4 纵向启动距离 (S_{long})

用于测试评估的纵向启动距离 (S_{long}) 应取决于低速无人车的最高速度 (V_{LSUV_max})。根据低速无人车的最高速度， S_{long} 应按公式 (5) 和公式 (6) 计算。

$$T_{ped_to_pt2} = \frac{R}{V_{ped}} \quad (5)$$

$$S_{long} = V_{LSUV_max} \times T_{ped_to_pt2} + 1\text{m} \quad (6)$$

C.4.3.5 侧面探测评估区 (S_{lat1})

评价区 (S_{lat1}) 的宽度应是 4.5 ± 0.1 米。

C.4.3.6 环境参数

环境应满足本系列标准第2部分第10项中所约定的环境要求。特殊环境下，经与相关利益方协商，可选择其他环境条件。

C.4.3.7 通过标准

测试程序应重复5次。如果低速无人车 (SV) 在测试时完全避免与行人目标相撞，并连续5次提供外部警告，则测试应被视为通过。

C.4.4 判断性测试

C.4.4.1 测试设置

图 C7 描述了危险情况下的交通意图判断性测试的测试设置。

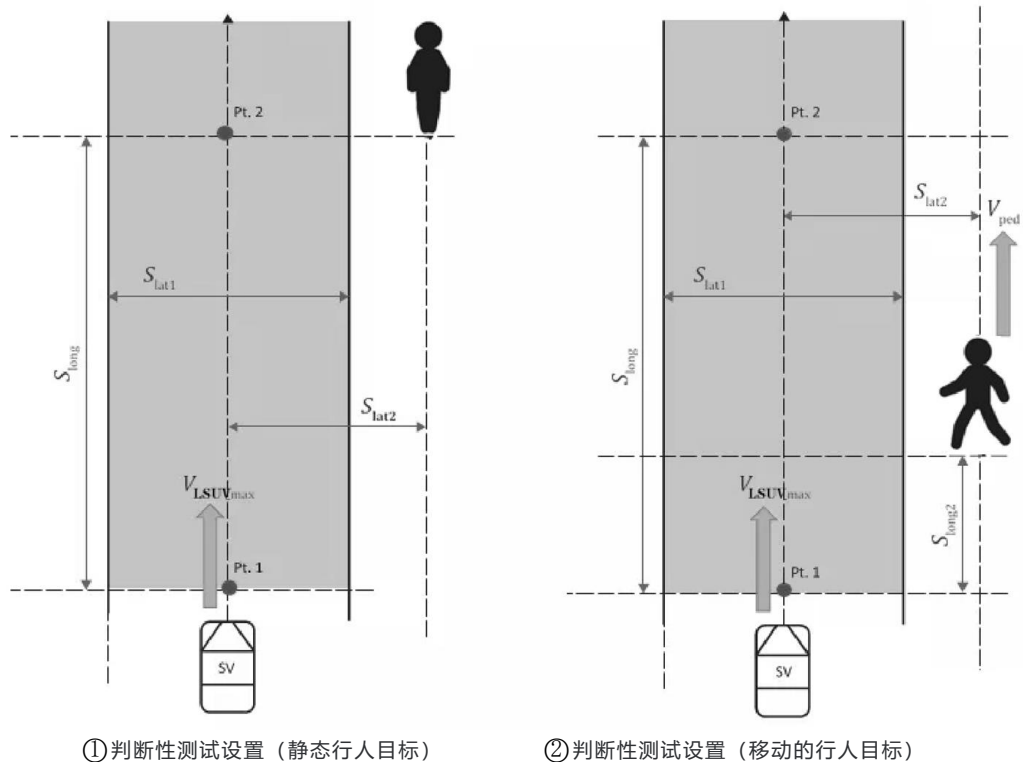


图 C7 危险情况下的交通意图判断性测试的测试设置

字符含义：

VLSUV_max	低速无人车的最大车速(m/s)
S _{long}	评估路径的纵向距离 (m)
V _{ped}	行人速度(m/s)
SV	测试车辆
Pt. 1	评估路径的起点
Pt. 2	评估路径的终点
S _{lat1}	驾驶区域宽度(m)
S _{lat2}	SV 与行人起点之间的横向距离(m)

图 C7 ① 描述了一个静态的行人目标。

图 C7 ② 描述了一个移动的与低速无人车行驶方向相同的行人目标。

C.4.4.2 车辆参数

第 1 点的车辆速度 (VLSUV_max) 应是“测试速度” ± 0.07 m/s。“测试速度”应是由制造商或其他相关利益方定义的低速无人车的最大运行速度。

C.4.4.3 行人目标参数 - 情况 A, 图 C7 ①

行人目标应静止在距车辆中心线 3 ± 0.1 米处 (S_{lat2})。

C.4.4.4 行人目标参数 - 情况 B, 图 C7 ②

行人目标的速度 (V_{ped}) 应是 2.2 ± 0.07 m/s, 与 SV 行驶方向平行。

行人目标的起始位置应距车辆中心线 (S_{lat2}) 3 ± 0.1 米, 在纵向上距 Pt. 1 (S_{long2}) 5 ± 0.1 米。

C.4.4.5 纵向距离(Slong)

纵向距离 (Slong) 应是 30 ± 1 米。

C.4.4.6 环境参数

环境应满足本系列标准第 2 部分第 10 项中所约定的环境要求。特殊环境下, 经与相关利益方协商, 可选择其他环境条件。

C.4.4.7 通过标准

测试程序应重复 5 次。如果低速无人车 (SV) 从第 1 点和第 2 点完全继续行驶, 并且连续 5 次通过行人而没有停顿, 则该测试应被视为通过。

C.4.5 可驾驶区测试

C.4.5.1 测试设置

该测试是为了测试低速无人车始终保持在作为系统预定路线一部分的可驾驶区域内。图 C8 描述了可驾驶区域测试的测试设置。

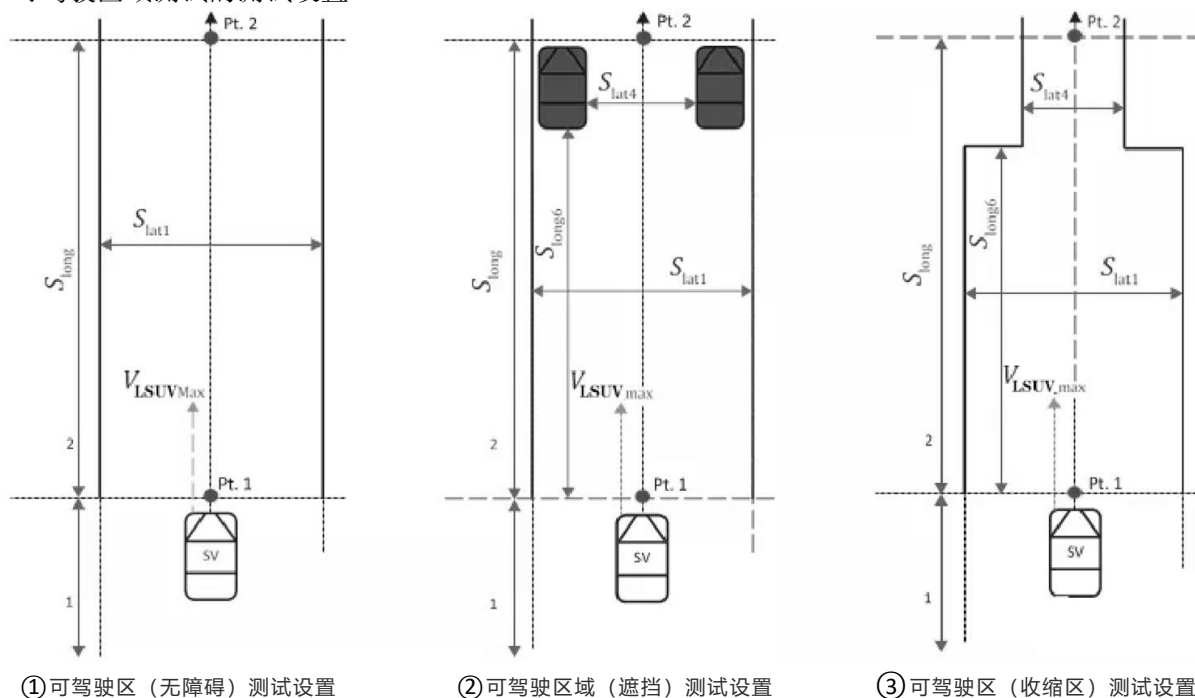


图 C8 可行驶区域测试的测试设置

字符含义:

VLSUV_max	低速无人车的最大车速 (m/s)
Slong	评估路径的纵向距离 (m)
Slong6	纵向距离点 1 和障碍物后端 (测试 B) / 可驾驶面积减少部分的开始 (测试 C) (m)
Vped	行人速度 (m/s)
SV	测试车辆
Pt. 1	评估路径的起点
Pt. 2	评估路径的终点
Slat1	驾驶区域宽度 (m)
Slat4	驾驶区域减小的宽度 (m)
1	途径路径
2	评估路径

图 C8 ① 描述了一个未被封锁的可驾驶区域。

图 C8 ② 描述的是一个被封锁的可驾驶区域。

图 C8 ③ 描述了一个变得狭窄的可驾驶区域。

在受阻和无阻的测试设置中，车辆应以相关利益方决定的最大允许速度进行测试。车辆应以图 C8 中的 Pt. 1 的方式在接近路径上开始，车辆已达到其最大允许速度。点 1 是指评估路径的起点，不一定是评估路径的横向中点。

在受阻的可驾驶区测试中，静止的车辆将被放置在评估路径中（由测试组织或当地政府机构决定）。

C.4.5.2 车辆参数

第 1 点的车辆速度 (V_{LSUV_max}) 应为“测试速度” $\pm 0.07\text{m/s}$ 。“测试速度”应是由制造商或其他相关利益方定义的低速无人车的最大运行速度。

C.4.5.3 评估路径参数

评估路径 (S_{long}) 的长度应为 100 ± 1 米。

评价路径的宽度 (S_{lat1}) 应是 SV 宽度的三倍或 6.5（以较大者为准） ± 0.1 米。 S_{long6} 应大于 50 ± 1 米。

缩小的评估路径或堵塞的评估路径 (S_{lat4}) 的宽度应与低速无人车的利益相关者协商决定，用于指定的预定路线，最多只能是装有 LSUV 的车辆宽度的两倍。

C.4.5.4 环境参数

环境应满足本系列标准第 2 部分第 10 项中所约定的环境要求。特殊环境下，经与相关利益方协商，可选择其他环境条件。

C.4.5.5 无障碍驾驶区的合格标准

测试程序应重复 5 次。如果低速无人车 (SV) 在所有 5 次运行中始终穿越评估路径，同时保持在评估路径的横向范围内，则该测试应被视为通过。

C.4.5.6 受阻驾驶区的通过标准

测试程序应重复 5 次。如果低速无人车 (SV) 在连续 5 次运行中始终穿越评估路径，同时保持在评估路径的横向范围内，则该测试应被视为通过。

如果静止车辆之间的无阻挡可驾驶区域 (S_{lat4}) 小于 SV 在静止车辆周围进行机动操作的安全宽度，则 SV 应停在评估路径内。

C.4.6 最小风险机动性 (MRM) 测试

C.4.6.1 测试设置

该测试的目的是测试低速无人车自动驾驶系统的激活和最小风险机动的性能。图 C9 描述了 MRM 测试的设置。车辆应以最大允许速度进行测试。车辆应以图 C9 中的第 1 点的方式在接近路径上开始，车辆已达到其最大允许速度。1 点是评价路径的起点，不一定在评价路径的横向中点。

在第 4 点，应产生 MRM 触发条件。低速无人车应从第 2 点开始应产生 4.9 m/s^2 的减速，并使车辆停顿下来。低速无人车也应通知操作员，MRM 已经启动，MRC 已经达到。

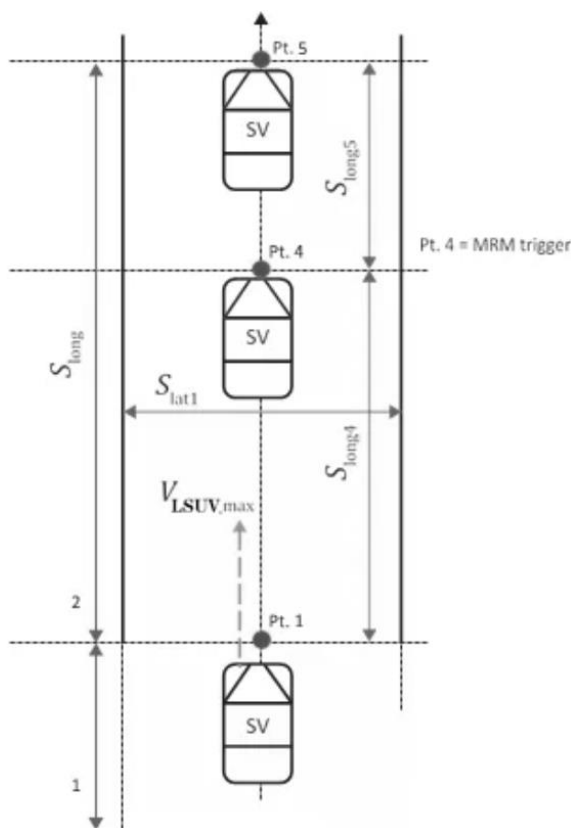


图 C9 最小风险机动性(MRM)测试设置

字符含义:

VLSUV_max	低速无人车的最大车速(m/s)
Slong	评估路径的纵向距离 (m)
Slong4	触发MRM的Pt.1和Pt.4之间的纵向距离 (m)
Slong5	4号点和评估路径终点之间的纵向距离 (m)
SV	测试车辆
Pt.1	评估路径的起点
Pt.4	沿着评估路径,MRM被触发的点
Pt.5	评估路径的终点
Slat1	驾驶区域宽度(m)
1	途径路径
2	评估路径

C.4.6.2 车辆参数

车辆速度 (V_{LSUV_max}) 在第1点应为“测试速度” ± 0.07 m/s。“测试速度”应是由制造商或其他相关利益方定义的低速无人车的最大运行速度。

C.4.6.3 评估路径参数

评估路径 (S_{long1}) 的长度应为 100 米。

S_{long4} , 应最大为 75 ± 2 米。

C.4.6.4 环境参数

环境应满足本系列标准第2部分第10项中所约定的环境要求。特殊环境下,经与相关利益方协商,可选择其他环境条件。

C.4.6.5 触发 MRM

为了触发 MRM，可以创建 ODD 条件（如地理围栏、天气变化）或特意设置的传感器故障情况。在这两种情况下，制造商应定义触发 MRM 的机制。

C.4.6.6 通过标准

测试程序应重复 5 次。如果在所有连续的 5 次运行中，低速无人车 SV 在第 4 点开始减速，并在第 5 点或之前达到静止状态，则测试应被视为通过。低速无人车 SV 也可以进行规避性的转向动作。此外，在连续 5 次测试中，低速无人车 SV 还必须通知操作员，MRM 已经启动，MRC 已经实现，并且还必须以某种方式（如信号灯）通知其他道路参与者。

应用场景或政府职能部门有其他要求的，可以选择其他条件。

附录 D (建议性) 货物配送及移动零售类低速无人车的场景能力测试方法

D.1 概述

低速无人车的检测认证对应试验方法和运行安全条件，依据如下标准对应的试验方法进行。本附录所约定的方法非强制性，仅作为参与测试企业验证低速无人车的运营能力的自愿性检测参考。

运营主体根据低速无人车的运营范围选择对应的一个或多个运营区域，根据表D1完成对应的基础功能试验项目。

表 D1 基础功能试验项目与运营范围对照表

序号	试验项目	公开道路（机动车道）	公开道路（非机动车道）	校园	居民区	商务区	其他区域
1	常规障碍物						
2	非常规障碍物						

D.2 装货/寄件/配餐

D.2.1 试验场景

测试道路应有库房或配送站点场景。

D.2.2 试验方法

测试车辆满足 D.26 节精准停车的试验要求停到指定停车位，完成装货/寄件/配餐动作。

D.2.3 通过要求

- (1) 车辆稳定到达指定装货/寄件/配餐停车位，完成精准停车动作；
- (2) 车辆对工作人员/寄件人进行身份信息验证；
- (3) 验证通过后车辆打开指定箱格提示装货/寄件/配餐；
- (4) 车辆检测到货物从指定箱格放入，检查货物品类，数量，包装是否正确完整；
- (5) 关闭厢门，生成配送单，提示工作人员/寄件人确认；
- (6) 待工作人员/寄件人确认信息后，下发车辆调度指令。

D.3 驶入/驶出园区

D.3.1 试验场景

试验道路应为带有升降杆的出入口，升降杆初始状态为关闭，待试验车辆停稳后切换为开启状态。

D.3.2 试验方法

试验车辆在自动驾驶状态下进入试验路段。起点位于通过升降杆前至少 30m，终点位于通过升降杆 30m 后。

D.4 指定车道行驶

D.4.1 试验场景

试验道路应为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，其中一条车道有路牌/地面标示，明确该路段是试验车辆被允许行使的道路。

D.4.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下进入试验路段。

D.5 行人静止

D.5.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止行人。

D.5.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D.6 行人横穿

D.6.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有行人横穿。

D.6.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，行人以 5~6.5km/h 的速度横穿道路

D.7 行人通行

D.7.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的行人。

D.7.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，行人以 5~6.5km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D.8 非机动车静止

D.8.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止非机动车。

D.8.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D.9 非机动车横穿

D.9.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有非机动车横穿。

D.9.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，非机动车以 10~15km/h 的速度横穿道路

D.10 非机动车通行

D.10.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的非机动车。

D.10.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，非机动车以 10~15km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D.11 幼童静止

D.11.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止模拟幼童。

D.11.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D.12 幼童横穿

D.12.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有模拟幼童横穿。

D.12.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，模拟幼童以 5~6.5km/h 的速度横穿道路

D.13 幼童通行

D.13.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的模拟幼童。

D.13.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，模拟幼童以 5~6.5km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D.14 小动物静止

D.14.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止模拟小动物。

D.14.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D.15 小动物横穿

D.15.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有模拟小动物横穿。

D. 15.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，模拟小动物以 5~6.5km/h 的速度横穿道路

D. 16 小动物通行

D. 16.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的模拟小动物。

D. 16.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，模拟小动物以 5~6.5km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D. 17 特种车辆静止

D. 17.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止特种车辆。

D. 17.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D. 18 特种车辆横穿

D. 18.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有特种车辆横穿。

D. 18.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，特种车辆以 10km/h 的速度横穿道路

D. 19 特种车辆通行

D. 19.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的特种车辆。

D. 19.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，特种车辆以 10km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D. 20 机动车静止

D. 20.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一静止机动车。

D. 20.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D. 21 机动车横穿

D. 21.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有机动车横穿。

D. 21.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，机动车以 40km/h 的速度横穿道路

D. 22 机动车通行

D. 22.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有通行的机动车。

D. 22.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，机动车以 40km/h 的速度在道路右侧与试验车辆同向(逆向)移动。

D. 23 通过减速带

D. 23.1 试验场景

试验道路至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有一减速带。

D. 23.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D. 24 窄路行驶

D. 24.1 试验场景

试验道路选取窄路，宽度为车宽两边各增加 50cm。

D. 24.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D. 25 低照度运行

D. 25.1 试验场景

试验道路选取为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验环境为夜间等低照度。

D. 25.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段。

D.26 定点停车

D.26.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，右侧车道内有一个定点停车位，试验车辆在左侧车道内匀速行驶。

D.26.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下进入试验路段。

D.27 精准停车

D.27.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，右侧车道内有一个定点停车位，试验车辆在左侧车道内匀速行驶。

D.27.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下进入试验路段。

D.28 招手停车

D.28.1 试验场景

试验道路为至少包含两条车道的长直道，中间车道为虚线，试验车辆前方 100m 处有行人招手。

D.28.2 试验方法

试验车辆在自动行驶状态下以不高于 30km/h 的速度驶入试验路段，当时距为 4s 时，行人向车辆发出招手示意。

D.29 卸货/取货/售餐

D.29.1 试验场景

试验道路应有标准人行道场景。

D.29.2 试验方法

试验车辆需要满足精准停车的试验要求停到指定停车位，完成卸货/取货/售餐动作。

附录 E (规范性) 安全运行项目检验方法

E.1 整车检验

E.1.1 低速无人车的整车标志按照GB 7258规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.1.1的要求。

E.1.2 测量场地应具有水平坚硬覆盖层的支承表面。车辆应以直线前进状态置于测量场地上。轮胎气压应符合设计要求。车厢门、车窗、行李舱盖和通风孔盖等均处于关闭状态。测量按GB/T 12673-1990中8.4的规定,数值修约方法按GB/T 8170-2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》的规定,判定结果是否符合6.1.2的要求。

E.1.3 车辆侧倾稳定性按GB 7258规定试验方法进行检验,判定结果是否符合6.1.3的要求。

E.1.4 按照GB 7258规定的试验方法检查车身外观,判定结果是否符合6.1.4的要求。

E.2 转弯性能试验

低速无人车侧倾稳定性按GB/T 38834.1-2020规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.2的要求。

E.3 制动性能试验

低速无人车制动性能按GB 7258规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.3的要求。

E.4 信号及照明装置检查

低速无人车的信号及照明装置按GB4785规定的检验方法进行检验,判定结果是否符合6.4的要求。

E.5 车身检查

(1) 低速无人车车身按GB 7258规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.5的要求。

(2) 低速无人车防雨密封性按QC/T 476规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.5.7的要求。

(3) 低速无人车内饰材料的阻燃特性按GB 8410规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.5.8的要求。

E.6 电池检验

低速无人车的车载储能装置按GB/T 18384.1规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.6的要求。

E.7 车载储能装置安全试验

低速无人车的车载储能装置按GB/T 18384.1规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.6的要求。

E.8 安全防护装置检验

低速无人车的安全防护装置按GB/T 23821规定的试验方法进行检验,判定结果是否符合6.7的要求。

E.9 噪声环保检验

低速无人车的车外噪声按GB/T 37242-2018规定的试验方法进行检验，判定结果是否符合6.8的要求。

E.10 电气安全试验

E.10.1 低速无人车射频电磁场辐射抗扰度按GB/T 37283-2019规定的试验方法进行检验，判定结果是否符合6.9.1的要求。

E.10.2 低速无人车静电放电抗干扰度按GB/T 37284-2019规定的试验方法进行检验，判定结果是否符合6.9.2的要求。

E.10.3 低速无人车人员触电防护等电气安全性能按GB/T18384.1~18384.3规定的试验方法进行检验，判定结果是否符合6.9.3的要求。

附录 F
(规范性) 低速无人车数据记录器参数

本表提供了关于低速无人车在进行数据记录器测试时，对应检测参数记录的建议。

数据变量	最小采样率
车速	场景要求
轮转速	场景要求
转向角	场景要求
制动状态/制动扭矩	场景要求
组件错误状态	场景要求
发送健康状态信息	场景要求
车辆横摆角速度	场景要求
车辆加速度（纵向和横向）	场景要求
北向角	场景要求
任何碰撞或事故发生时车辆位置	场景要求
任何干预	场景要求
允许的最高速度	场景要求
其他重要数据	场景要求

低速无人车在信息处理过程中，应记录信息处理日志（包括 log 文件等），包括：

- (1) 授权的操作指令记录；
- (2) 非授权的操作指令记录；
- (3) 恶意代码执行记录；
- (4) 网络攻击记录。

附 录 G

(规范性) 低速无人环卫保洁车的准入测试方法

G.1 通过条件

除自动紧急制动和人工操作接管的测试场景外，所有测试都应在测试车辆自动驾驶状态完成，并满足以下通过条件：

- (1) 测试车辆应按照规定进行每个场景的测试，并满足其要求；
- (2) 测试车辆应在一次测试申请中通过所有低速环卫车项目的测试；
- (3) 测试期间不应对软硬件进行任何变更调整。

G.2 低速无人环卫保洁车还应满足下列条件：

- (1) 除避险工况外，自动驾驶测试车辆不应违反交通规则；
- (2) 自动驾驶测试车辆应能正常使用灯光、雨刷器等功能；
- (3) 自动驾驶测试车辆发生故障时应及时发出警告提醒；
- (4) 自动驾驶测试车辆行驶方向控制准确，无方向摆动或偏离。

G.3 测试项目

测试项目及场景见表G1。

表 G1 测试项目及场景

序号	测试项目	测试场景
1	跟车行驶	跟车停止
		停-走功能
2	车辆碰撞自动紧急制动	前车静止
		前车制动
3	前方车辆变更	前方车辆切入行驶车道
		前方车辆切出行驶车道
		前方车辆切入跟随的车辆之间
4	障碍物识别及响应	车道中间静止障碍物
		车道中有障碍物，旁边有行驶车辆并排行驶
		车道中有障碍物，相邻车道快速接近并入
		前方侧面有静止障碍物
5	道路弱势群体碰撞紧急制动	跟车行驶，前车切出，前方同向弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）
		跟车行驶，前车切出，前方对向弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）
		车辆直线行驶，前方弱势群体横穿
6	贴边清扫效果	长直路沿贴边行驶清扫
		覆盖式行驶贴边清扫
7	贴边清扫下与障碍物交互	贴边行驶时，行驶车道上有静态障碍物
		贴边行驶，前方有同向行驶车辆
		贴边行驶时，对向车辆/弱势群体靠近
		贴边行驶时，邻近车道有车辆/弱势群体切入车道
		贴边行驶时，弱势群体横穿
8	远程车辆控制	远程车辆起停
		远程任务切换
		远程一键回库
		远程遥控车辆
9	垃圾检测	基于垃圾检测的路径规划
		基于垃圾检测的吸力调整
10	停车位清扫	单停车位清扫
		多停车位清扫
		停车位占用情况动态变化清扫
11	洗扫控制	受到撞击时停扫刷
		停车位清扫时后退时收起扫刷
		切手动时停转扫刷和抬扫刷
12	急停	远程急停
		按钮急停
		遥控急停

G.4 测试规程

G.4.1 跟车行驶

本测试项目旨在测试自动驾驶系统跟随前车行驶的能力。

G.4.1.1 跟车停止

G.4.1.1.1 测试场景

测试道路为两侧车道线为实线的长直道。测试车辆稳定跟随目标车辆行驶，目标车辆制动直至停止，测试车辆跟随目标车辆停止。

G.4.1.1.2 要求

车道前方运行车辆减速停止，测试车辆减速以保持安全距离。

G.4.1.2 停-走功能

G.4.1.2.1 测试场景

测试车辆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。

G.4.1.2.2 要求

- a) 当目标车辆减速至停止后，测试车辆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，测试车辆应在 5 s 内随其重新起步；
- c) 测试车辆重新起步后，应能稳定跟随目标车辆行驶。

G.4.2 车辆碰撞自动紧急制动

本测试项目旨在测试自动驾驶系统紧急制动的能力。

G.4.2.1 前车静止

G.4.2.1.1 测试场景

测试道路为至少包含一条车道的长直道，测试车辆匀速接近前方静止目标车辆。

测试车辆能紧急制动以保持与车辆的安全距离。测试车辆在人工驾驶或自动驾驶系统失效模式下，以 10 km/h 车速沿车道中间匀速接近前方静止目标车辆，测试车辆和目标车辆中心线横向距离偏差不得超过 0.5 m。制动过程中，测试驾驶员不得转动方向盘和踩踏制动踏板。

G.4.2.1.2 要求

- a) 测试车辆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；
- b) 测试车辆未与目标车辆发生碰撞。

G.4.2.2 前车制动

G.4.2.2.1 测试场景

测试车辆跟随目标车辆以相同车速稳定行驶，目标车辆减速刹停。

G.4.2.2.2 要求

- a) 测试车辆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；
- b) 测试车辆未与目标车辆发生碰撞。

G.4.3 前方车辆变更

本测试项目旨在测试自动驾驶系统对前方车辆的感知、行为预测和响应能力。

G.4.3.1 前方车辆切入行驶车道

G.4.3.1.1 测试场景

测试车辆在匀速行驶，前方车辆切入行驶车道。

G.4.3.1.2 要求

测试车辆能减速避让前方突然切入前进车道的车辆，避让后 5 s 内恢复原清扫作业速度。

G.4.3.2 前方车辆切出行驶车道

G.4.3.2.1 测试场景

前方车辆切出行驶车道

G.4.3.2.2 要求

测试车辆在前方车辆驶出时能保持清扫作业速度。

G.4.3.3 前方车辆切入跟随的车辆之间

G.4.3.3.1 测试场景

前方车辆切入跟随的车辆之间

G.4.3.3.2 要求

测试车辆能减速避让前方突然切入前进车道的车辆，避让后 5 s 内恢复原清扫作业速度。

G.4.4 障碍物识别及响应

本测试项目旨在测试自动驾驶系统对障碍物的识别和响应，评价测试车辆对前方障碍物的感知、决策及执行能力。

G.4.4.1 车道中间静止障碍物

G.4.4.1.1 测试场景

障碍物测试道路为至少包含一条车道的长直道，在车道中间分别放置锥形交通路标（推荐尺寸：高度50cm*宽度35cm）和隔离栏（推荐尺寸：高度70cm*宽度200cm），测试车辆匀速驶向前方障碍物。

G.4.4.1.2 要求

测试车辆应能通过制动、转向或组合方式避免与上述障碍物发生碰撞。

G.4.4.2 车道中有障碍物，旁边有行驶车辆并排行驶

G.4.4.2.1 测试场景

障碍物测试道路为至少包含一条车道的长直道，在车道中间分别放置锥形交通路标（推荐尺寸：50cm*35cm）和隔离栏（推荐尺寸：70cm*200cm），测试车辆匀速驶向前方障碍物，旁边有行驶车辆并排行驶。

G.4.4.2.2 要求

测试车辆应能通过制动、转向或组合方式避免与上述障碍物发生碰撞并在相邻车道的车通过后避让障碍物。

G.4.4.3 车道中有障碍物，相邻车道快速接近并入

G.4.4.3.1 测试场景

障碍物测试道路为至少包含一条车道的长直道，在车道中间分别放置锥形交通路标（推荐尺寸：50cm*35cm）和隔离栏（推荐尺寸：70cm*200cm），测试车辆匀速驶向前方障碍物，相邻车道快速接近并入。

G.4.4.3.2 要求

测试车辆能识别并在切入车辆通过后通过制动、转向或组合方式避免与上述障碍物发生碰撞。

G.4.4.4 前方侧面有静止障碍物

G.4.4.4.1 测试场景

障碍物测试道路为至少包含一条车道的长直道，在车道侧方放置锥形交通路标（推荐尺寸：50cm*35cm）。

G.4.4.4.2 要求

测试车辆应能通过制动、转向或组合方式避免与上述障碍物发生碰撞。

G.4.5 道路弱势群体碰撞紧急制动

本测试项目旨在测试自动驾驶系统对道路弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）的识别和响应，评价测试车辆对道路弱势群体的感知、行为预测和响应能力。

G.4.5.1 跟车行驶，前车切出，前方同向弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）

G.4.5.1.1 测试场景

跟车行驶，前车切出，前方同向弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）

G.4.5.1.2 要求

测试车辆能识别弱势群体，并紧急制动以保持与弱势群体的安全距离。

G.4.5.2 跟车行驶，前车切出，前方对向弱势群体（成人，儿童，自行车，摩托车）

G.4.5.2.1 测试场景

跟车行驶，前车切出，前方对向弱势群体。

G.4.5.2.2 要求

测试车辆能识别弱势群体，并紧急制动以保持与弱势群体的安全距离。

G.4.5.3 车辆直线行驶，前方弱势群体横穿

G.4.5.3.1 测试场景

车辆直线行驶，前方弱势群体横穿。

G.4.5.3.2 要求

测试车辆能识别弱势群体，并紧急制动以保持与弱势群体的安全距离。

G.4.6 低速无人环卫保洁车清扫作业效果

G.4.6.1 长直路沿贴边行驶

本测试项目旨在测试自动驾驶环卫车的贴边清扫作业能力。

G.4.6.1.1 测试场景

测试道路为长直道，并设有路沿，测试车辆在自动驾驶模式，以10 km/h 的清扫作业速度在长直路沿贴边行驶。

G.4.6.1.2 要求

长直路沿在线检测并稳定贴边，贴边距离 ≤ 5 cm。

G.4.6.2 覆盖式清扫

本测试项目旨在测试自动驾驶环卫车在规划区域内作业的覆盖程度，从而评价环卫作业的效果。

G.4.6.2.1 测试场景

测试区域为一块建筑物空地，在该空地内，测试车辆需覆盖式清扫。

G.4.6.2.2 要求

建筑物空地可进行覆盖式清扫，覆盖率达到90%以上。

G.4.7 贴边清扫下与障碍物交互

本测试项目旨在测试自动驾驶环卫车在道路作业场景中的贴边清扫作业能力，以及在对障碍物响应、识别、决策同时保证作业效果。

G.4.7.1.1 测试场景

- a) 贴边行驶时，行驶车道上有静态障碍物；
- b) 贴边行驶时，前方有同向行驶车辆；
- c) 贴边行驶时，对向车辆/弱势群体靠近；
- d) 贴边行驶时，邻近车道有车辆/弱势群体切入车道；
- e) 贴边行驶时，弱势群体横穿。

G.4.7.1.2 要求

- a) 绕行静态障碍物，并在绕行后回到贴边状态；
- b) 能保持与前车安全距离，跟车并保持稳定贴边；
- c) 识别车辆/弱势群体的运动状态和方向，保持安全距离

G.4.8 远程车辆控制

本测试项目旨在测试自动驾驶系统远程平台的控制和调度能力。

G.4.8.1 远程车辆起停

G.4.8.1.1 测试场景

车辆通过远程系统操作，进行远程上电、开始任务、结束任务、远程下电。

G.4.8.1.2 要求

- a) 车辆可通过远程上电；
- b) 车辆可通过远程开始清扫任务；
- c) 车辆可通过远程结束任务；
- d) 车辆可通过远程下电。

G.4.8.2 远程任务切换

G.4.8.2.1 测试场景

在测试区域规定清扫路径，自动驾驶车辆按任务规划进行作业清扫，通过远程系统控制自动环卫车切换清扫任务后，车辆调整清扫路线。

G.4.8.2.2 要求

车辆可通过远程切换清扫任务，调整清扫路线。

G.4.8.3 远程一键回库

G.4.8.3.1 测试场景

在测试区域规定清扫起点与终点，通过远程系统控制自动环卫车一键回库。

G.4.8.3.2 要求

车辆在清扫任务中途可通过远程临时结束任务并回到起点或终点。

G.4.8.4 远程遥控（或平行驾驶）

G.4.8.4.1 测试场景

远程驾驶车辆

G.4.8.4.2 要求

车辆在清扫任务中途可通过远程控制的方式变更车辆位置和角度。

G.4.9 垃圾检测

G.4.9.1 基于垃圾检测的路径规划

G.4.9.1.1 测试场景

基于垃圾检测的路径规划

G.4.9.1.2 要求

车辆可检测并识别地面垃圾类型（瓶子、纸张等），并基于地面垃圾的检测结果，动态规划清扫路径，以覆盖有垃圾的地面区域。

G.4.9.2 基于垃圾检测的吸力调整

本测试项目旨在测试自动驾驶环卫车垃圾识别的能力，并根据垃圾检测自动调整扫刷作业位置及吸力的能力。

G.4.9.2.1 测试场景

基于垃圾检测的吸力调整

G.4.9.2.2 要求

在车辆预定义行驶路径的上，车辆可检测并识别正前方地面垃圾类型（瓶子、纸张等），并基于检测结果调整扫刷作业位置及吸力大小。

G.4.10 停车位清扫

本测试项目旨在评价自动环卫车在单停车位、多停车位场景的作业效果。

G.4.10.1 单停车位清扫

G.4.10.1.1 测试场景

测试区域为单停车位。

G.4.10.1.2 要求

测试车辆能完成单个停车位清扫，出入两次，并合理调整扫刷状态。

G.4.10.2 多停车位清扫

G. 4. 10. 2. 1 测试场景

测试区域为连续空停车位。

G. 4. 10. 2. 2 要求

测试车辆可连续在空的停车位合并清扫，以提高效率和覆盖率。

G. 4. 10. 3 停车位占用情况动态变化清扫

G. 4. 10. 3. 1 测试场景

测试区域为连续停车位，部分车位被占用。

G. 4. 10. 3. 2 要求

在清扫过程中，车位扫描时的空停车位有车辆停入，车辆能动态调整行驶路径，跳过被占用停车位。

G. 4. 11 洗扫控制

本测试项目旨在测试自动驾驶环卫车垃圾识别的能力，并根据垃圾检测自动调整扫刷作业位置及吸力的能力。

G. 4. 11. 1 行人靠近时停扫刷

G. 4. 11. 1. 1 测试场景

行人靠近时停扫刷。

G. 4. 11. 1. 2 要求

车辆能识别靠近的行人，在行人靠近扫刷时停转扫刷。

G. 4. 11. 2 停车位清扫时后退时收起扫刷

G. 4. 11. 2. 1 测试场景

停车位清扫时后退时收起扫刷。

G. 4. 11. 2. 2 要求

出停车位时，扫刷需收拢并抬起(清扫垃圾时的情况除外)。

G. 4. 11. 3 切手动时停转扫刷和抬扫刷

G. 4. 11. 3. 1 测试场景

切手动时停转扫刷和抬扫刷。

G. 4. 11. 3. 2 要求

从自动模式切换到手动模式时，扫刷停转并抬起。

G. 4. 12 急停

G. 4. 12. 1 远程急停

G. 4. 12. 1. 1 测试场景

远程急停

G. 4. 12. 1. 2 要求

车辆可通过远程平台急停。

G. 4. 12. 2 按钮急停

G. 4. 12. 2. 1 测试场景

按钮急停

G. 4. 12. 2. 2 要求

测试车辆配备急停按钮，车辆可通过车身内外的急停按钮急停。

G. 4. 12. 3 遥控急停

G. 4. 12. 3. 1 测试场景

遥控急停

G. 4. 12. 3. 2 要求

车辆可通过遥控设备急停。
