

团 体 标 准

T/SZITS 002.8—2021

低速无人车城市商业运营安全管理规范 第 8 部分 室内低速无人车

Specification for safety management of urban commercial
operation of low-speed unmanned vehicles
Part VIII Indoor low-speed unmanned vehicle

2021 - 10 - 28 发布

2022 - 01 - 01 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 一般要求	3
5 工作场地环境要求	3
5.1 环境要求	3
5.2 地面要求	3
5.3 室内停放点位	3
5.4 运营相关电力配置	3
6 技术要求	3
6.1 整车要求	4
6.2 车体要求	4
6.3 电子部件	5
6.4 噪声要求	5
6.5 电力要求	5
6.6 作业要求	5
6.7 保洁型无人车作业模块要求	6
7 安全与电磁兼容性	6
7.1 整机安全	6
7.2 安全运动	6
7.3 防护罩和外壳	6
7.4 机械稳定性	6
7.5 配送安全	6
7.6 零部件安全	6
7.7 电气强度	7
7.8 电磁兼容性	7
8 运动性能	7
8.1 额定速度	7
8.2 续航能力	7
8.3 制动能力	7
8.4 最大坡度	7
8.5 坡上最大速度	7
8.6 越障能力	8
8.7 转弯宽度	8
8.8 目标定位	8
8.9 导航能力	9
9 智能化技术	9

9.1 语音唤醒	9
9.2 声源定位	9
9.3 语音识别	10
9.4 人脸识别	10
9.5 避障能力	10
10 可靠性	11
10.1 低温试验	11
10.2 高温试验	11
10.3 湿热试验	11
10.4 盐雾试验	11
10.5 防尘防水性能	11
10.6 振动与冲击试验	11
10.7 运输试验	11

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/SZITS 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/SZITS 002.1-2021：术语与定义
- 第2部分T/SZITS 002.2-2021：通用要求
- 第3部分T/SZITS 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/SZITS 002.4-2021：货物配送低速无人车
- 第5部分T/SZITS 002.5-2021：环卫保洁低速无人车
- 第6部分T/SZITS 002.6-2021：安防巡逻低速无人车
- 第7部分T/SZITS 002.7-2021：农业园林用低速无人车
- 第8部分T/SZITS 002.8-2021：室内低速无人车
- 第9部分T/SZITS 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/SZITS 002-2021系列标准的第8部分T/SZITS 002.8-2021。本文件涉及低速无人车的一种仅适用于室内环境使用的类型：室内低速无人车。各种室内功能型自主移动轮式机器人可参考本文件。若本文件内容与本系列标准其他部分冲突的，以本文件为准。

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：深圳市普渡科技有限公司。

本文件参与起草单位：深圳市智能交通行业协会、东风悦享科技有限公司、深圳市中安无人系统研究院、深圳市天地智能交通研究院、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）、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、新空间（中国）旅游规划设计研究院、长沙行深智能科技有限公司、深圳优地科技有限公司、北京洛必德科技有限公司、杭州欣易达驱动技术有限公司、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。

本文件主要起草人：郭璁、魏波。

本文件参与起草人：杨金才、曹恺、陆晓科、李扬、邓文杰、王雪、杨鹏、徐期林、潘仲鸣、徐华伟、肖卫东、杨鹏举、刘欢、尹成庆、徐丝鹿、陈谷、方菱、杨漾、陈锐辉、陈升东、蒋进曦、张蕾、胡常青、焦胜才、黄勇、张海山、朱鹏、徐封杰、郭大伟、罗沛、夏舸、钟德刚、陈卫兵、刘天承、柏林、肖湘江、黄青洪。

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8部分：室内低速无人车

1 范围

本文件规定了低速无人车中室内低速无人车的额外技术要求、运营要求及安全管理要求。其他运营模式相近的车辆类型可参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 37395-2019 送餐服务机器人通用技术条件
- GB 17761-2018 电动自行车安全技术规范
- GB 4208-2008 外壳防护等级 (IP代码)
- GB 4706.18-2014 家用和类似用途电器的安全 电池充电器的特殊要求
- GB 14023 车辆、船和内燃机无线电骚扰特性用于保护车外接受机的限值和测量方法
- GB 24155 电动摩托车和电动轻便摩托车安全要求
- GB 12996-2012 电动轮椅车
- GB/T 18332.1-2009 电动道路车辆用铅酸蓄电池
- GB/T 18332.2-2001 电动道路车辆用金属氢化物蓄电池
- GB/T 24157-2009 电动摩托车和电动轻便摩托车能量消耗率和续驶里程试验方法
- GB/T 31024.3 合作式智能运输系统专用短程通信第3部分：网络层和应用层规范
- GB/T 基于公众电信网汽车网关技术要求 (项目号20150028-T-339)
- GB/T 基于公众电信网汽车网关测试方法 (项目号20150027-T-339)
- GB/T 40013-2021 《服务机器人 电气安全要求及测试方法》
- GB/Z 18333.1-2001 电动道路车辆用锂离子蓄电池
- GB/Z 18333.2-2001 电动道路车辆用锌空气蓄电池
- JB/T 10888 电动自行车及类似用途电动机技术要求
- DB43T 1306-2017 服务机器人通用规范
- QC/T792 电动摩托车和电动轻便摩托车用电机及控制器技术条件
- CJJ-37-90 城市道路设计规范
- YZ/T 0136-2014 快递专用电动三轮车技术要求
- QB/T 2947.3 电动自行车蓄电池及充电器第3部分：锂离子蓄电池及充电器
- T/CSAE 53-2017 合作式智能运输系统车用通信系统应用层及应用层数据交互标准

3 术语和定义

T/SZITS 002.1-2021确定的术语、定义和下列术语和定义适用于本文件。

3.1

室内低速无人车 Indoor Low-speed Unmanned Vehicle

运行于室内或有顶蓬区域的，最高速度不超过10km/h的，L3级及以上驾驶自动化水平的车辆设备，包括但不限于室内配送无人车、室内保洁无人车、室内消毒无人车、室内安防巡逻无人车等。

3.2

额定速度 Rated Speed

在水平路面正常工作时，室内低速无人车允许达到的最大速度。

3.3

语音唤醒成功率 Voice Wake-up Success Rate

唤醒次数除以唤醒音频播放总次数。

3.4

语音误唤醒率 Voice Error Wake-up Rate

误唤醒次数除以时长（时长通常是24h）。

3.5

语音唤醒响应时间 Voice Wake-up Response Time

唤醒音频开始播放到服务低速无人车响应的间隔时长。

3.6

声源定位 Sound Source Location

室内低速无人车声源定位能力（适用时）应符合以下要求：

3.7

声源定位误差 Sound Source Positioning Error

定位声源与实际声源之间的角度误差。具体标准设定取决于麦克风阵列方案、声源距离和环境等因素。麦克风越多，声源定位误差要求越高。

3.8

抗噪能力 Anti Noise Ability

室内低速无人清洁车所能承受制造商规定的预计应用环境中的最大噪声强度。

3.9

声源定位响应时间 Response Time of Sound Source Location

收到声源定位信号结束到给出定位结果的耗时。

3.10

字错误率 (WER, Word Error Rate)

为了使识别出来的词序列和标准的词序列保持一致，需要替换、删除或者插入某些词。这些插入、替换或删除的词的总个数，除以标准的词序列中词的总个数的百分比，即为字错误率。

3.11

句错误率 (SER, Sentence Error Rate) (可选)

句子中如果有一个词识别错误，那么这个句子被认为识别错误。句子识别错误的的个数，除以总的句子个数即为句错误率。

3.12

语音识别响应时间 Speech Recognition Response Time

从语音信号发出结束后到给出识别结果的耗时，即若语音输入的结束时刻为 t_1 ；室内低速无人车响应时刻为 t_2 ，则响应时间= t_2-t_1 ，根据测试集语句数量（数量不小于20）取平均值。

4 一般要求

(1) 本文件室内低速无人车是低速无人车的一种应用类型，除应符合T/SZITS 002.1-2021的要求外，还应符合本文件的要求。

(2) 与T/SZITS 002.1-2021冲突的，以本文件为准。

(3) 本文件的车辆除特殊说明外，均仅应用在如下第5项的工作环境下，在地面平整且有防水顶篷的室内空间内运营。

5 工作场地环境要求

5.1 环境要求

5.1.1 温度要求

(1) 无人车工作环境温度一般为 $0^{\circ}\text{C}\sim+45^{\circ}\text{C}$ ，储存温度为 $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$ ，如因工作场地原因有特殊要求的，可在使用说明书上标明；

(2) 储物舱体内的存储温度范围应按所运载物品或专用作业装置要求进行设定，并在使用说明书上标明。

5.1.2 湿度要求

车辆应根据所运载物品或专用作业装置要求，设置合理的工作湿度范围和存储区湿度范围，并在使用说明书上标明。

5.1.3 道路要求

通行道路的路面包括地毯或地砖、石材等硬质地面等，通行道路宽度大于1m，坡度小于15%，通行道路无台阶，路面障碍物高度小于50mm，路面沟槽宽度小于20mm，深度小于15mm。

5.1.4 其他环境要求

(1) 通风、无振动、无导电尘埃、无爆炸危险的环境；

(2) 应严格按照使用说明书允许的环境内工作，严禁在使用说明书禁止的工作环境中工作；

(3) 使用前，应确认地面没有较大的非水溶性颗粒，如碎玻璃、石子等，避免因异物造成作业装置损伤或损毁。

5.2 地面要求

应用于硬质地面清洁，应在车辆或设备使用说明书上明确说明对场地的工作适应性要求，如环氧树脂、水磨石、大理石、花岗石、人造石、地砖、PVC、精钢沙、水泥地面等。

5.3 室内停放点位

应停放于平整、无坡度的地面。

5.4 运营相关电力配置

配备220V电压条件。

6 技术要求

室内低速无人车具备环境感知、自主决策、自动行驶等技术，基于自身技术支持可实现以下基本功能：

- (1) 可以完成自动运动控制和手动运动控制；
- (2) 可以实现点对点移动任务；
- (3) 可以完成地图编辑；
- (4) 可以完成作业编辑；
- (5) 可以完成自动充电和手动充电。

6.1 整车要求

(1) 车型尺寸要求：如有进入室内场景的需求，该类型无人车为满足室内场景运行的安全、高效、便捷等要求，其外廓尺寸一般不超过下表约定的范围。但是具体场景中无人车的设计尺寸需要超过该尺寸限制时，可在产品标准中做特殊说明。

表 1 室内低速无人车的主要尺寸要求

项目	尺寸 mm
整车长度 L	$L \leq 2500$
整车宽度 W	$W \leq 1200$
整车高度 H	$H \leq 1800$
L、W、H 均为不包含雷达等外部设备的整体最大尺寸。	

(2) 驻车要求：无爬坡要求的无人车5%不溜车，有爬坡要求的无人车在15%的坡道上能够驻车不溜车。

(3) 爬坡能力：无爬坡要求的无人车可在5%坡道连续行驶20m，有爬坡要求的无人车在15%坡道连续行驶30m。

(4) 防水性能：IP23。

(5) 通过性能：转弯半径不得大于3m，路面障碍物高度不小于50mm。

(6) 声光要求：车辆应具备声光提示功能，声音分贝在55db以上，以蜂鸣器和语音为主，光的提示以车灯为主。

(7) 照明要求：室内低速无人车建议装有转向灯、警示灯和照明灯，室内照明良好的条件可以不装照明灯。

(8) 监控与记录装置：车身周围及驾驶舱内（如有）安装记录装置，并按照第三方监管要求提供一定时间内的数据。

(9) 具体场景中无人车的驻车要求、爬坡能力、防水能力、通过性能有特殊要求的，可在产品标准中做特殊说明。

6.2 车体要求

(1) 车厢密闭，具备防介入、防拆卸等安全措施，配备监控系统，可远程监控车辆周边、车辆位置、车辆行驶状态及内部有关信息，配备自动行驶数据记录装置可实时记录以上信息；

(2) 室内低速无人车应当具有足够的机械强度，而且在结构上应当能保证在承受可以预料到的操作时不会产生凹痕、裂缝、变形等机械损伤；

(3) 在正常使用的条件下，各设备单元和设备结构上引起的不稳定性不得达到会给操作人员和维修人员带来危险的程度；

(4) 室内低速无人车的表面不应有明显的凹痕、划伤、裂缝、变形和污染等；表面镀涂层应均匀、无气泡、龟裂、脱落及磨损；金属零部件不应有锈蚀及其它机械损伤；

(5) 室内低速无人车的组成部分连接应牢固无松动；开关、按键等控制元件的动作应灵活可靠；

- (6) 室内低速无人车的表面的标志应清晰、端正、牢固；文字、符号应准确；
- (7) 室内低速无人车的内部电源线和信号连接线等应无破损并无裸露。

6.3 电子部件

- 6.3.1 电机：服务型电动自动行驶轮式车电动机应符合 JB/T 10888 的规定。
- 6.3.2 电池：服务型电动自动行驶轮式车标称电压应符合 GB/T 34013-2017 的要求。
- 6.3.3 充电器：充电器的安全要求应符合 GB 4706.18 的规定。
- 6.3.4 电机控制器：控制器应具有电机运行状态检测、电机保护、回馈制动减速等功能，还应具备欠压、过压、过流、电机和控制器过温等保护功能并能够形成故障代码，并发送至总线。
- 6.3.5 短路保护：充电线路和电池输出端中应装有熔断丝或断路器保护装置
- 6.3.6 触电防护：带电部分的触电防护应符合 GB 24155-2020 中 4.2.2 和 4.2.3 的要求。

6.4 噪声要求

室内低速无人车在工作状态下，距产品1m处噪声应不大于65dB(A)，但加装吸尘、清扫等部件时，其噪声不应超过75 dB(A)。

6.5 电力要求

6.5.1 电池要求

电池充电应符合国家相关标准的要求，电池管理系统应具备充电过压控制、放电电压控制、充电电流控制、放电电流控制、充放电温度控制等功能。

6.5.2 电源适应能力

室内低速无人车充电设备在电源额定电压220V，额定频率50Hz±0.5Hz，电压波动范围±10%的条件下应能正常工作。

6.6 作业要求

室内低速无人车的作业包括但不限于物品配送，清洁保洁，消毒杀菌、安防巡逻等。其中物品配送中配送的物品包括但不限于物流包裹、小件物品、餐品饮品、医疗器材等。

6.6.1 控制要求

室内低速无人车在执行作业时满足可根据自身携带的摄像头、激光雷达等设备采集的环境感知信息自主完成起步、加速、减速、刹车、转向等运动控制，并且可以满足中途暂停、再启动、终止作业、单次作业执行、多次送作业执行和循环作业执行等要求。

6.6.2 作业模块的软、硬件要求

室内低速无人车在执行作业模块的硬件设计应符合有关国家或行业标准。硬件系统和模块单元的设计应留有适当的逻辑余量，硬件系统应具有一定的自检功能。室内低速无人车在执行作业模块的软件模块应与硬件资源相适应。除应用软件外，还应具备系统运行日志、数据共享接口及相应的异常检测和处理机制，包含故障自检和故障修复程序等。软件模块具备软件升级接口，包括线上或者线下任意一种形式进行升级。

6.6.3 配送作业的承载物品要求

- (1) 执行配送作业的室内低速无人车的承载货物不得超过200L，不得超过200kg。
- (2) 执行配送作业的室内低速无人车的承载物品不得包含以下种类：
 - a) 危害国家安全、扰乱社会秩序、破坏社会稳定的各类物品；
 - b) 危及寄递安全的爆炸性、易燃性、腐蚀性、毒害性、感染性、放射性等各类物品；

c) 法律、行政法规以及国务院和国务院有关部门规定禁止寄递的其他物品。

6.7 保洁型无人车作业模块要求

- (1) 清洁模块应具有升降调节功能；
- (2) 清洁模块单位时间作业面积应大于等于 $400\text{m}^2/\text{h}$ ；
- (3) 清洁模块对地压力应在 $10\sim 150\text{kg}$ ；
- (4) 执行清洁任务时，无人车的侧面与墙面的最小距离应小于等于 150mm ；
- (5) 清扫无人车可以清扫纸屑、果皮、瓜子壳、粉末等轻质杂物；
- (6) 保洁机器人的建图能力不小于 10000m^2 ；
- (7) 保洁区域覆盖率不低于90%。

7 安全与电磁兼容性

7.1 整机安全

7.1.1 通用服务型和配送型室内低速无人车的整机安全应符合 GB4706.18-2014 及 GB/T 40013-2021 等要求。

7.1.2 保洁型室内低速无人车的整机安全应符合 GB/T 15706、GB/T 16855.1、GB/T 39785 及 GB/T 40013-2021 的要求。

7.2 安全运动

- (1) 室内低速无人车应具备紧急停止功能；
- (2) 室内低速无人车制动时，应在产品说明书中规定的制动距离内停止；
- (3) 室内低速无人车运动方向前方有障碍物时，室内低速无人车可以自主完成停止或绕开障碍物的运动，避免与障碍物发生碰撞，并在产品说明书中规定最小安全距离内完成上述控制动作
- (4) 室内低速无人车具有防跌落、防卡阻功能。

7.3 防护罩和外壳

室内低速无人车中构成危险因素的电气、气压等部件应具有固定的防护罩和外壳，且在正常运行期间不应打开；当需要打开防护罩和外壳时，应采用工具才能卸下或打开。

7.4 机械稳定性

无爬坡要求的无人车在静态时的任何位置倾斜到5%时不应失衡，有爬坡要求的无人车在静态时的任何位置倾斜到15%时不应失衡。

7.5 配送安全

- (1) 室内低速无人车在启动或停止过程中应保持平稳；
- (2) 室内低速无人车应提供必要的防护措施，避免运动过程中对运行环境周围的人员造成伤害；
- (3) 多台室内低速无人车在同一区域内工作时，其控制信号不应相互干扰；
- (4) 对于配备调度系统的室内低速无人车，调度系统应能实时、可靠地协调控制多台室内低速无人车的作业。

7.6 零部件安全

- (1) 室内低速无人车所使用的电池组应符合 IEC 62133.2:2017 的要求。电池管理系统应具备充电过压控制、放电电压控制、充电电流控制、放电电流控制、充放电温度控制、短路保护控制等功能。
- (2) 室内低速无人车所使用的电源适配器应符合 IEC 62368-1:2018 的要求。
- (3) 室内低速无人车所使用的激光类器件应符合 IEC 60825-1:2014 中 I 类激光安全的要求。
- (4) 室内低速无人车所使用的 DC-DC 模块应符合 IEC 62368-1:2018 的要求。

7.7 电气强度

室内低速无人车充电设备动力交流电源电路和保护联结电路间，应能承受交流(50Hz)电压有效值1000V持续1s的耐电强度试验，无击穿现象。

7.8 电磁兼容性

室内低速无人车电磁兼容性应符合GB/T 37283及GB/T 37284的要求。

8 运动性能

8.1 额定速度

室内低速无人车的额定速度应符合制造商规定的额定速度。一般要求最高行驶速度不高于10km/h，作业行驶速度应不高于8km/h。

8.2 续航能力

室内低速无人车连续作业续航能力应至少满足单次工作任务的工作强度要求。

8.3 制动能力

室内低速无人车的制动能力应符合表2要求：

表 2 制动能力要求限值

场景大类	分类		限值 (m)
室内	家庭环境		≤0.4
	公共场所	机场、火车站、地铁站	≤1.0
		酒店、宾馆	≤0.4
		餐厅	≤0.4
		医院	≤0.4
		办公楼	≤0.4
		银行	≤0.4
		政府机关	≤0.4
		商场	≤0.4
室外	社区园区		/
	公共道路		/

8.4 最大坡度

室内低速无人车的爬坡最大坡度应符合使用场景的要求，不应低于制造商规定的最低坡度要求。

8.5 坡上最大速度

室内低速无人车的坡上最大速度应符合使用场景的要求，不应低于制造商规定的最低坡上最大速度。

8.6 越障能力

室内低速无人车的越障能力应符合表3要求：

表 3 越障能力限值

场景大类	分类		限值 (mm)
室内	家庭环境		≥ 5
	公共场所	机场、火车站、地铁站	≥ 5
		酒店、宾馆	≥ 15
		餐厅	≥ 5
		医院	≥ 15
		办公楼	≥ 15
		银行	≥ 5
		政府机关	≥ 5
		商场	≥ 5
室外	社区园区		/
	公共道路		/

8.7 转弯宽度

- (1) 对于双轮差动，且轮距中心与室内低速无人车中心重合的室内低速无人车应能实现原地旋转；
- (2) 对于其他类型的室内低速无人车的转弯宽度应符合使用场景的要求，不应低于制造商规定的可通过的直角弯道宽度。

8.8 目标定位

室内低速无人车的目标定位能力应符合表4的要求：

表 4 目标定位能力限值

场景大类	分类		限值 (cm)
室内	家庭环境		≤ 5
	公共场所	机场、火车站、地铁站	≤ 15
		酒店、宾馆	≤ 5
		餐厅	≤ 5
		医院	≤ 15
		办公楼	≤ 5
		银行	≤ 5
		政府机关	≤ 5
		商场	≤ 5
室外	社区园区		/
	公共道路		/

8.9 导航能力

室内低速无人车的导航能力应符合表5的要求：

表5 导航能力限值

场景大类	分类	限值 (cm)	
室内	家庭环境	≤ 20	
	公共场所	机场、火车站、地铁站	≤ 20
		酒店、宾馆	≤ 20
		餐厅	≤ 20
		医院	≤ 20
		办公楼	≤ 20
		银行	≤ 20
		政府机关	≤ 20
		商场	≤ 20
		室外	社区园区
公共道路	/		

9 智能化技术

9.1 语音唤醒

室内低速无人车语音唤醒能力（适用时）应符合以下要求。

9.1.1 语音唤醒成功率

安静环境下（25dB, 3m内）语音唤醒成功率应 $\geq 95\%$ ，噪音环境下（65-75dB, 3m内）语音唤醒成功率应 $\geq 90\%$ 。

9.1.2 语音误唤醒率

语音误唤醒率应 ≤ 2 次/24h。

9.1.3 语音唤醒响应时间

语音唤醒响应时间应 ≤ 0.5 s。

9.2 声源定位

室内低速无人车声源定位能力（适用时）应符合以下要求。

9.2.1 声源定位误差

声源定位误差应 $\leq 15^\circ$ ，即要求准确定位到声源正中左右各15度范围内。

9.2.2 抗噪能力

低速无人清洁车应能承受制造商规定的预计应用环境中的最大噪声强度。

9.2.3 声源定位响应时间

声源定位响应时间 $\leq 30\text{ms}$ 。

9.3 语音识别

室内低速无人车语音识别能力（适用时）应符合以下要求：

9.3.1 字错误率

在安静环境下（25dB）字错误率应不大于5%；噪音环境下（65-75dB）字错误率应不大于10%。

9.3.2 句错误率（可选）

低速无人清洁车句错误率应符合制造商规定的句错误率要求。

9.3.3 语音识别响应时间

本地语音识别响应时间不大于0.5s，云端语音识别响应时间不大于1s。

9.4 人脸识别

室内低速无人车人脸识别能力（适用时）应满足以下要求。

9.4.1 检测速度

检测人脸的时间 $\leq 100\text{ms}$ 。

9.4.2 人脸识别准确率

人脸识别准确率 $\geq 95\%$ 。

9.4.3 人脸识别误识率

人脸识别误识率 $\leq 2\%$ 。

9.5 避障能力

传感器是室内低速无人车实现避障运动（适用时）的核心感知部件，室内低速无人车应至少配备接触式传感器或非接触式传感器中的一种，用于检测室内低速无人车主要运动方向上的障碍物，以避免由碰撞引发的室内低速无人车故障、损伤和人身伤害。

9.5.1 通用避障能力

室内低速无人车应通过安装多个传感器的方式使室内低速无人车观测尽量覆盖阻挡其前进方向的障碍物，使其在正常工作状态下应满足如下避障条件：

（1）室内低速无人车应具备固定的最小避障距离，最小避障距离的取值与室内低速无人车体积、质量和额定速度有关，最大取值应不超过1m；室内低速无人车在运动过程中不应与最小避障距离之外出现的行人发生碰撞；

（2）当室内低速无人车的可行驶路径被障碍物部分阻挡时，室内低速无人车应规划绕行路径继续行驶；

（3）当室内低速无人车的可行驶路径被障碍物完全阻挡时，室内低速无人车应停止运动并原地等待；

（4）室内低速无人车的工作状态应不受场景下任何障碍物的影响，在布满各类障碍物的场景下，室内低速无人车的安全运行时间应大于24h。

9.5.2 扩展避障能力

针对某些特殊应用场景，室内低速无人车的避障能力可以根据实际应用需求进行自定义扩展，推荐可扩展的室内低速无人车避障能力包括但不限于如下要求：

(1) 在人流量较大的工作场景下，室内低速无人车应具备区分动静态障碍物的能力并采用不同的避障行为：

a) 无人车在避障静态障碍物时应提前规划绕行路径绕开障碍物；

b) 无人车在避障动态障碍物时应先减速运行至安全避障距离，如果动态障碍物移开则需稳定观测后再按原路径运动，否则应缓慢（移动速度 $\leq 0.3\text{m/s}$ ）绕开障碍物，如发生碰撞需马上停止运动。

(2) 存在坠落风险的应用场景下应规定无人车的运动范围，使无人车不能穿越场景边界行驶。

(3) 在多室内低速无人车应用场景下，当无人车搭载的传感器无法正确观测到其他同构个体时，无人车群体应具备多机调度功能，以避免无人车间的相互碰撞。

(4) 在有人工驾驶的其他移动载具的应用场景下，无人车运动路线被阻挡和从停止状态转变为运动状态时，必须发出警示信号并持续2s以上，警示信号包括警示声、灯光、语音播报等。

10 可靠性

室内低速无人车应根据制造商规定的应用场景特点选择进行下述试验，试验应根据制造商声明的参数及应用场景特点进行。

10.1 低温试验

10.1.1 低温贮存

在低温贮存环境下，无人车应不产生由材料脆化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

10.1.2 低温运行

无人车在低温环境下运行，应不产生由材料脆化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

10.2 高温试验

10.2.1 高温贮存

在高温贮存环境下，无人车应不产生材料老化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

10.2.2 高温运行

在高温环境下运行，无人车应不产生材料老化、器件失效等引起的外观、功能、性能异常。

10.3 湿热试验

在湿热环境下，无人车应不产生电化学腐蚀、电气短路、润滑剂性能降低等引起的外观、功能、性能异常。

10.4 盐雾试验

在盐雾环境下，无人车应不产生各元器件和接插件等腐蚀损坏引起的外观、功能、性能异常，盐雾试验时间不小于24h。

10.5 防尘防水性能

无人车应具有不低于IP23的外壳防护等级。

10.6 振动与冲击试验

在振动冲击环境下，无人车结构及其零件无损伤，无弯曲变形，紧固件无松动，并能正常运行。

10.7 运输试验

在模拟运输试验后，其结构及其零件无损伤，无弯曲变形，紧固件无松动，并能正常运行。