

团 体 标 准

T/CCTAS XX—XXXX

低速无人配送车辆通用技术要求

General technical requirements for low-speed unmanned vehicle delivery

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2024.12.16）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

中国交通运输协会 发布

目 次

前 言 II

1 范围 3

2 规范性引用文件 3

3 术语和定义 3

4 基本要求 4

5 车辆功能要求 6

6 车辆技术要求 8

7 车辆运行要求 8

8 安全要求 14

参 考 文 献 17

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。

本文件由中国交通运输协会智慧物流专业委员会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

低速无人配送车辆通用技术要求

1 范围

本文件规定了低速无人配送车辆的基本要求、车辆功能要求、车辆技术要求、车辆运行要求和安全要求等内容。

本文件适用于城市道路、仓储中心和物流园区内执行运输或配送服务的低速无人配送车辆的设计、运行。

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 1589	汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值
GB 7258	机动车安全运行技术条件
GB/T 16754	机械安全 急停功能 设计原则
GB/T 18384	电动汽车安全要求
GB/T 24948	低速汽车 词汇
GB 32087	轻型汽车牵引装置
GB/T 36008	机器人与机器人装备 协作机器人
GB/T 40429	汽车驾驶自动化分级
GB/T 44373	智能网联汽车 术语和定义
GB 44495	汽车整车信息安全技术要求
GB 44497	智能网联汽车 自动驾驶数据记录系统
GB/T 44721	智能网联汽车 自动驾驶系统通用技术要求
YD/T 3750	车联网无线通信安全技术指南
CH/T 4026	道路高精导航电子地图数据规范

3 术语和定义

GB 7258-2012、GB/T 40429-2021、GB/T 44373-2024、GB/T 44721-2024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 低速无人配送车辆 Low-Speed Unmanned Vehicle for Delivery

低速无人配送车辆是无驾驶舱、具备4级及以上驾驶自动化水平、主要用于货物运输或配送的轮式智能装备，能够在无人工主动操作的情况下，在道路上自动、安全行驶。

3.2 设计运营域 Operational Design Domain (ODD)

指低速无人配送车辆的自动驾驶系统能够安全运行的特定条件和范围，包括但不限于地理区域、道路类型、交通环境、天气条件、时间范围以及其他运行限制。ODD定义了车辆自动驾驶功能的适用边界，并作为系统运行和安全策略的基础。

3.3 动态驾驶任务 dynamic driving task

除策略性功能外的车辆驾驶所需的感知、决策和执行等行为。

注1：动态驾驶任务包括但不限于车辆横向运动控制、车辆纵向运动控制、目标和事件探测与响应、驾驶决策、车辆照明及信号装置控制。

注2：策略性功能为目的地选择和货物的交接等。

3.4 预定路线 Scheduled route

为低速无人配送车辆从起点行驶到一个(或多个)目的地而预先选定的路线。

3.5 交接 handing over procedure

配送过程中，在始发站托运人与承运人，以及在目的站承运人与货主之间进行的货物交发与接收的过程。

3.6 实时监控与管理系统 Real-time Monitoring and Management System

应用传感技术和信息处理技术，对低速无人配送车辆和货物等进行实时监控和管理的系统。

4 基本要求

4.1 设计与制造要求

4.1.1 车辆结构与性能

低速无人配送车辆的设计和制造应确保其能够在各种运行条件下正常作业和运行，符合国家和行业相关标准的要求，包括但不限于GB/T 34590-2022和GB 7258-2017的要求。车辆的设计应注重模块化和可维护性，便于后期的维修和升级。

4.1.2 尺寸与质量限制

低速无人配送车辆的尺寸与质量应符合如下规则：

- a) 整备质量应不大于1000kg，满载质量应不大于1500kg；
- b) 整车外廓尺寸应满足下列要求：长度不大于3.5m，宽度不大于1.5m，高度不大于2.0m；
- c) 最小离地间隙应不小于110mm，且不大于160mm，以确保车辆在不同路况下的通过性。

4.1.3 动态性能

低速无人配送车辆的动态性能应符合如下规则：

- a) 最小转弯半径应不大于4.5m，以满足狭窄空间的转向需求；
- b) 最大爬坡能力应不小于20%，车辆在满载状态下应能在坡度不小于20%的坡道上保持稳定运行。

4.1.4 环境适应性

车辆应具备在多种环境条件下运行的能力，包括高温、低温、雨雪天气等。其关键部件（如传感器、电池、通信模块等）应具有防水、防尘、防震设计，满足IP67或更高等级的防护要求。

4.2 自动驾驶系统要求

4.2.1 自动驾驶能力

低速无人配送车辆应配备符合GB/T 44721-2024的自动驾驶系统，能够在特定的ODD下可靠运行，持续执行动态驾驶任务，包括感知、决策和执行等功能。

4.2.2 运行环境适应性

自动驾驶系统应具备适应不同交通场景的能力，包括但不限于城市道路、仓储中心、物流园区等。系统应能够识别和处理突发事件，如障碍物、行人、车辆等。

4.2.3 安全策略

a) 自动驾驶系统应具备最小化风险的策略，包括障碍物规避、紧急制动和安全停靠功能。在系统故障或运行条件超出设计范围时，应能够安全地退出自动驾驶状态。

b) 自动驾驶系统的关键功能（如导航和感知模块）应具备冗余设计，在一个模块失效时，备用模块应接管工作以确保车辆正常运行。

4.3 通信与监控要求

4.3.1 通信连接

低速无人配送车辆在运行时应与实时监控与管理系统建立可靠的通信连接。通信系统应满足下列要求：

- a) 数据传输时延不大于120ms，丢包率低于15%；
- b) 在接管或介入状态下，下发到车辆的控制指令通信时延不大于50ms，丢包率低于10%。

4.3.2 实时监控与管理系统

实时监控与管理系统应具备以下功能：

- a) 实时监控车辆的运行状态，包括电池电压、电池温度、车辆速度、任务信息、货物信息等；
- b) 远程干预和故障诊断能力，能够根据车辆信息和安全策略进行异常事件报告；
- c) 多车协调运行能力，能够合理分配运输任务，规避潜在冲突，提高作业效率。

4.3.3 通信安全

通信系统应符合YD/T 3750-2020中各项通信安全要求，确保数据传输的完整性、保密性和抗干扰能力。

4.4 能源与续航要求

4.4.1 能源管理

低速无人配送车辆应配备高效的能源管理系统，能够实时监测电池状态（包括电压、温度、充放电电流等），并将相关数据回传至实时监控与管理系统。

4.4.2 自动补能功能

车辆宜具备自动补能功能，包括自动充电或更换电池的能力，以提升运行效率和维护便利性。补能过程应在安全区域内进行，并符合国家相关电气安全标准。

4.4.3 续航能力

车辆在满载状态下的续航里程应不小于100公里，以满足城市配送的基本需求。续航能力应能够根据实际运行条件（如载重、路况、天气等）动态调整。

4.5 法规与合规性要求

4.5.1 交通法规符合性

低速无人配送车辆的行驶区域应符合国家和地方现行交通管理相关法律法规的要求。车辆不得在高速公路、城市快速路和高架桥上行驶。

4.5.2 标识与警示

车辆应在车身设置醒目的无人驾驶相关标识，方便其他交通参与者识别。车辆应配备声光警示装置，在自动驾驶激活状态或异常状态时向周围环境发出警示信号。

4.5.3 数据合规性

车辆运行过程中采集的所有数据（包括环境信息、车辆状态、货物信息等）应符合国家和地方政府关于数据安全和隐私保护的相关规定。

4.6 运行可靠性与维护要求

4.6.1 运行可靠性

低速无人配送车辆应具备高可靠性，能够在长时间运行中保持稳定。关键部件（如传感器、控制器、电池等）应通过严格的测试和验证，确保其在各种运行条件下的可靠性。

4.6.2 维护便利性

车辆的设计应便于日常维护和检修。关键部件应易于拆卸和更换，维护周期和成本应尽可能降低。

4.6.3 故障处理

车辆应具备故障自检和处理能力。在发生故障时，车辆应能够安全停靠，并将故障信息实时传输至监控系统。监控系统应能够根据故障信息提供远程指导或派遣维修人员。

4.7 环境友好性

4.7.1 节能减排

低速无人配送车辆宜采用清洁能源（如电力、氢燃料等）作为动力来源，减少对环境的污染。车辆的能耗水平应符合国家相关节能标准。

4.7.2 噪声控制

车辆运行时的噪声水平应符合GB/T 18384-2020的相关规定，确保对周围环境的影响最小化。

4.7.3 材料与回收

车辆的制造材料应优先选用可回收和环保材料，车辆报废后应能够实现高比例的材料回收利用。

4.8 适应性与扩展性

4.8.1 场景适应性

低速无人配送车辆应能够适应多种运行场景，车辆的设计和配置应能够根据不同场景的需求进行调整。

4.8.2 功能扩展性

车辆应具备良好的扩展性，能够根据未来的技术发展和业务需求增加新的功能模块（如货物识别、环境监测等）。

5 车辆功能要求

5.1 自动驾驶系统

5.1.1 自动驾驶能力

低速无人配送车辆应配备符合GB/T 44721-2024的自动驾驶系统，能够在特定的ODD下可靠运行。系统应具备以下能力：

- a) 动态驾驶任务执行：能够持续自主地执行动态驾驶任务，包括感知、决策和执行等功能；
- b) 环境感知：具备高精度的环境感知能力，能够识别道路标志、交通信号、行人、车辆、障碍物等，并根据感知结果调整运行策略；
- c) 路径规划：能够根据预定路线和实时交通状况动态调整行驶路径，确保任务顺利完成；
- d) 突发事件处理：能够识别和处理突发事件（如障碍物、行人突然出现、车辆故障等），并采取适当的规避或应急措施。

5.1.2 运行环境适应性

自动驾驶系统应能够适应多种运行环境，包括但不限于：

- a) 城市道路：能够识别复杂的交通信号、行人和非机动车，并与其他交通参与者协作；
- b) 仓储中心和物流园区：能够在狭窄空间内精确导航，完成货物装卸任务；
- c) 恶劣天气条件：在雨、雪、雾等低能见度条件下，系统应具备稳定的运行能力，并根据环境条件调整行驶速度和策略。

5.1.3 安全策略

自动驾驶系统应具备以下安全策略：

- a) 障碍物规避：能够实时检测前方障碍物，并采取减速、绕行或停车等措施；
- b) 紧急制动：在检测到潜在碰撞风险时，系统应能够快速响应并执行紧急制动；
- c) 安全停靠：在系统故障或运行条件超出设计范围时，车辆应能够安全地退出自动驾驶状态并停靠在安全位置。

5.1.4 自动驾驶系统的更新

自动驾驶系统应支持OTA（Over-The-Air）远程更新功能，以确保系统能够及时升级，适配最新的运行环境和法规要求。

5.2 接管与干预

5.2.1 接管功能

低速无人配送车辆的接管功能应符合下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应具备请求介入功能，在特定情况下（如系统故障、运行条件超出设计范围等）请求将控制权交还给后援用户；
- b) 后援用户应能够通过实时监控与管理系统响应接管请求，并安全地接管车辆驾驶权。

5.2.2 干预功能

低速无人配送车辆的干预功能应符合下列要求：

- a) 后援用户应能够随时通过实时监控与管理系统主动干预车辆运行，并立即取得车辆的驾驶权；
- b) 干预指令应具有最高优先级，确保在任何情况下都能够覆盖车辆的自动驾驶控制逻辑。

5.2.3 控制权转移

低速无人配送车辆的控制权策略应符合下列要求：

- a) 自动驾驶系统应具备明确的控制权转移条件，确保控制权在自动驾驶系统与后援用户之间的过渡安全、平稳；
- b) 控制权转移过程中，车辆应保持稳定运行，避免因控制权切换导致的安全风险。

5.3 人机交互

5.3.1 激活与退出自动驾驶系统

低速无人配送车辆的自动驾驶系统应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应提供多种激活和退出自动驾驶系统的操纵方式，包括但不限于车身物理按钮、远程操控界面等；
- b) 激活和退出操作应具备直观性和安全性，防止误操作。

5.3.2 状态指示与警示

车辆应在车身设置醒目的无人驾驶相关标识，方便其他交通参与者识别。车辆应配备声光警示装置，在以下情况下向周围环境发出警示信号：

- a) 自动驾驶系统激活状态；
- b) 系统故障或异常状态；
- c) 紧急制动或碰撞保护状态。

5.3.3 用户界面

低速无人配送车辆的用户界面应满足下列要求：

- a) 车辆应配备直观的用户界面，能够实时显示车辆状态、任务信息、环境感知结果等；
- b) 用户界面应支持多语言显示，并具备良好的可读性和操作便利性。

5.4 通信能力

5.4.1 无线通信

低速无人配送车辆的无线通信能力应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应具备无线通信能力，以满足数据交互、接管和干预等需求；
- b) 通信系统应符合国家和地方政府无线电管理有关要求，并满足YD/T 3750-2020中各项通信安全要求。

5.4.2 通信安全

低速无人配送车辆的通信应满足下列安全要求：

- a) 通信系统应具备数据加密、身份认证、防篡改等安全功能，确保数据传输的完整性和保密性；
- b) 系统应能够抵御网络攻击（如中间人攻击、拒绝服务攻击等），确保通信的稳定性和可靠性。

5.5 货物装卸

5.5.1 装载要求

低速无人配送车辆的货物装载应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆装载货物的质量不应超过车辆额定载重能力；
- b) 运输过程中货物应可靠固定，确保车辆行驶稳定性。

5.5.2 装卸作业

低速无人配送车辆进行货物装卸应满足下列要求：

- a) 车辆应在指定的安全区域内进行装卸作业，并确保车辆处于完全停止状态；
- b) 车辆宜配备符合QC/T 699-2019要求的车用起重尾板或其他便于货物装卸的附加装置。车用起重尾板的选用与安装应符合GB/T 37706-2019的规定。

5.5.3 货物信息管理

车辆应具备货物信息采集功能，并将相关数据同步至实时监控与管理系统。

5.6 功能扩展性

5.6.1 模块化设计

低速无人配送车辆应满足下列设计要求：

- a) 低速无人配送车辆应采用模块化设计，便于功能扩展和升级。
- b) 车辆应能够根据业务需求增加新的功能模块（如货物识别、环境监测等）。

5.6.2 场景适应性

低速无人配送车辆应满足下列场景适应性要求：

- a) 车辆的设计和配置应能够根据不同运行场景的需求进行调整，包括城市道路、仓储中心、物流园区等。
- b) 系统应支持场景切换功能，能够根据运行环境动态调整车辆的运行策略和功能配置。

6 车辆技术要求

6.1 自动驾驶系统

6.1.1 动态驾驶任务执行

自动驾驶系统应能够持续执行动态驾驶任务，包括环境感知、路径规划、决策执行等功能。系统应具备实时环境感知能力，能够检测并识别以下目标：

- a) 静态目标：如道路标志、交通信号灯、障碍物等；
- b) 动态目标：如行人、非机动车、其他车辆等；
- c) 系统应能够根据感知结果动态调整车辆的行驶路径和速度，确保安全运行。

6.1.2 ODD 识别

低速无人配送车辆的ODD识别能力应满足下列要求：

- a) 自动驾驶系统应具备ODD识别能力，能够判断当前运行环境是否符合设计运行条件；
- b) 在运行条件超出ODD范围时，系统应能够安全退出自动驾驶状态，并通知后援用户接管车辆。

6.1.3 突发事件处理

系统应具备快速响应能力，能够在以下突发事件中采取适当的应对措施：

- a) 前方障碍物突然出现；
- b) 行人或车辆突然进入行驶路径；
- c) 系统故障或通信中断；
- d) 应急措施包括但不限于减速、绕行、紧急制动和安全停靠。

6.1.4 最小化风险策略

低速无人配送车辆的最小化风险策略应满足下列要求：

- a) 自动驾驶系统应具备最小化风险的策略，确保在任何情况下都能优先保护车辆乘员、货物和周围交通参与者的安全；
- b) 系统应能够在检测到不可避免的碰撞风险时，采取紧急制动或其他减缓措施，降低事故损失。

6.2 接管与干预

6.2.1 控制权转移条件

自动驾驶系统应明确控制权转移的触发条件，包括但不限于：

- a) 系统检测到运行条件超出ODD范围；
- b) 系统故障或性能下降；
- c) 后援用户主动请求接管；
- d) 控制权转移过程中，车辆应保持稳定运行，避免因控制权切换导致的安全风险。

6.2.2 后援用户优先级

低速无人配送车辆应满足下列后援用户优先级要求：

- a) 后援用户的干预指令应具有最高优先级，确保在任何情况下都能够立即覆盖车辆的自动驾驶控制逻辑；
- b) 系统应能够实时响应后援用户的干预指令，并在控制权转移完成后继续保持车辆的安全运行。

6.2.3 接管响应时间

低速无人配送车辆的接管响应时间应满足下列要求：

- a) 系统应能够在接管请求被响应后不超过0.5秒内完成控制权的转移；
- b) 在接管过程中，应向后援用户提供车辆的实时状态信息，包括速度、位置、环境感知结果等。

6.3 人机交互

6.3.1 自动驾驶系统状态指示

车辆应具备清晰的状态指示功能，能够通过声光信号或用户界面显示以下状态：

- a) 自动驾驶系统激活/未激活;
- b) 系统故障或异常;
- c) 接管请求或干预状态。

6.3.2 操作直观性

低速无人配送车辆的人机交互界面应下列要求:

- a) 激活和退出自动驾驶系统的操作方式应具备直观性和安全性,防止误操作;
- b) 用户界面应支持触控、语音、物理按钮等多种交互方式,满足不同用户的操作需求。

6.3.3 多语言支持

用户界面宜支持多语言显示,能够根据用户需求动态切换语言。

6.4 通信能力

6.4.1 数据传输性能

低速无人配送车辆的数据传输能力应满足下列要求:

- a) 实时监控与管理系统与车辆之间的数据传输时延应不大于120ms,丢包率应低于15%;
- b) 在接管或干预状态下,下发到车辆的控制指令通信时延应不大于50ms,丢包率应低于10%。

6.4.2 通信链路冗余

低速无人配送车辆的通信冗余设计应满足下列要求:

- a) 通信系统应具备冗余设计,确保在主通信链路中断时,能够通过备用链路维持数据传输;
- b) 冗余链路的切换时间应不超过1秒,且切换过程中不应丢失关键数据。

6.4.3 通信安全

低速无人配送车辆的通信能力应满足下列安全要求:

- a) 通信系统应符合YD/T 3750-2020中各项通信安全要求,确保数据传输的完整性、保密性和抗干扰能力;
- b) 系统应能够防止未经授权的访问和操作。

6.5 货物装卸

6.5.1 货物固定与保护

低速无人配送车辆应满足下列货物固定与保护要求:

- a) 车辆应配备可靠的货物固定装置,确保货物在运输过程中不会因车辆的加速、减速或转弯而发生位移或损坏;
- b) 货物固定装置应能够适应不同尺寸和形状的货物,并具备快速装卸功能。

6.5.2 自动装卸功能

车辆宜配备自动装卸功能,包括但不限于:

- a) 自动开闭货舱门;
- b) 自动升降货物平台;
- c) 自动识别货物信息(如条形码、RFID标签等);
- d) 自动装卸功能应能够在指定的安全区域内完成,并确保操作过程的安全性。

6.5.3 货物信息管理

低速无人配送车辆的货物信息管理应满足下列要求:

- a) 系统应能够实时采集和记录货物的数量、类别、托运人、货主等信息,并将相关数据同步至实时监控与管理系统。
- b) 系统应支持货物信息的动态更新,确保配送任务的准确性和可追溯性。

6.6 能源管理

6.6.1 电池性能

车辆应配备高性能电池，能够满足下列要求：

- a) 充放电循环寿命不低于2000次；
- b) 工作温度范围为-10℃至50℃；
- c) 在满载状态下的续航里程不小于80公里。

6.6.2 自动补能功能

低速无人配送车辆宜具备自动补能功能，包括自动充电或更换电池的能力。

6.6.3 能源管理系统

低速无人配送车辆的能源管理系统应满足下列要求：

- a) 车辆应配备高效的能源管理系统，能够实时监测电池状态（包括电压、温度、充放电电流等），并将相关数据回传至实时监控与管理系统；
- b) 能源管理系统应具备故障诊断功能，能够在电池异常时发出警报并采取保护措施；
- c) 能源管理系统应配置智能平衡功能，优化电池单体性能，避免充电时间过长或使用寿命缩短。

6.7 环境适应性

6.7.1 防护等级

车辆的关键部件（如传感器、电池、通信模块等）应具有防水、防尘、防震设计，满足IP67或更高等级的防护要求。

6.7.2 温度适应性

车辆应能够在-10℃至50℃的环境温度范围内正常运行，并具备在极端温度条件下的自我保护功能。

6.7.3 恶劣天气适应性

车辆应能够在雨、雪、雾等恶劣天气条件下稳定运行，并根据环境条件动态调整运行策略。

7 车辆运行要求

7.1 监控与管理系统要求

7.1.1 实时监控能力

低速无人配送车辆应与实时监控与管理系统保持稳定的通信连接，系统应具备以下实时监控能力：

- a) 车辆运行状态监测：包括电池电压、电池温度、车辆速度、任务信息、货物信息等；
- b) 通信链路状态监测：确保数据传输的稳定性和可靠性；
- c) 环境感知数据监测：包括障碍物、行人、车辆等周围环境信息。

7.1.2 故障诊断与异常报告

实时监控与管理系统应具备故障诊断能力，能够根据车辆信息和安全策略进行异常事件报告。

- a) 系统应能够识别以下异常情况并及时报警：
- b) 电池过热、过放电或其他异常状态；
- c) 通信中断或数据丢失；
- d) 自动驾驶系统故障或性能下降；
- e) 碰撞保护装置触发或急停装置激活。

7.1.3 远程干预与接管能力

低速无人配送车辆的干预与接管功能应满足下列要求：

- a) 实时监控与管理系统应支持后援用户对车辆的远程干预和接管操作；
- b) 系统应能够在接管请求响应后不超过0.5秒内完成控制权转移，并确保车辆在接管过程中保持稳定运行。

7.1.4 多车协调运行能力

实时监控与管理系统应具备多车协调运行能力，能够合理分配运输任务，规避潜在冲突，提高作业效率。系统应支持以下功能：

- a) 动态任务分配：根据车辆状态、任务优先级和运行环境动态调整任务分配；
- b) 路径优化：在多车运行时优化各车辆的行驶路径，避免路线冲突。

7.1.5 碳排放监测

车辆宜内置碳足迹监测功能，计算单次配送任务的估算碳排放量。监测数据应上传至实时监控与管理系统分析整体排放量。

7.2 运行线路设定

7.2.1 运行区域限制

低速无人配送车辆的运行区域应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应明确其适用的运行区域，包括但不限于城市道路、仓储中心、物流园区等；
- b) 车辆不得在高速公路、城市快速路和高架桥上行驶。

7.2.2 预定路线规划

低速无人配送车辆的预定路线应包含起点、必经点和终点，并能根据实际配送需求灵活调整。路线规划应综合考虑以下因素：

- a) 运行区域内的交通状况；
- b) 道路通行条件（如宽度、坡度、障碍物等）；
- c) 环境限制（如天气、光照条件等）；
- d) 配送任务需求（如货物交接点位置）。

7.2.3 动态路线调整

车辆应具备动态调整预定路线的能力，能够在运行过程中根据突发情况实时优化路线。突发情况包括但不限于：

- a) 配送任务取消或变更；
- b) 道路封闭或交通拥堵；
- c) 天气变化（如雨、雪、雾等）。

7.2.4 安全性与效率优化

低速无人配送车辆的路线选择应满足下列要求：

- a) 路线规划和调整应优先考虑运行安全性，确保车辆在复杂环境下的稳定运行；
- b) 系统应通过路径优化算法提升配送效率，减少运行时间和能源消耗。

7.3 行驶速度范围

7.3.1 速度限制

车辆行驶速度应满足行驶道路标记或交通标志限制，且遵守运行地区的法律法规限制。车辆最高设计车速不应超出表1的规定：

表1 低速无人配送车最高设计行驶速度

环境	最高行驶速度
专用室内区域	25km/h
专用室外区域或道路	70km/h
公共道路的非机动车道及人行道	25km/h
公共道路区域	70km/h

7.3.2 速度自适应功能

低速无人配送车辆应具备速度自适应功能，能够在运行过程中根据周围环境、道路条件和交通状况自主调整行驶速度。

在以下路况或环境条件下，车辆应降低行驶速度：

- a) 雨、雪、雾等能见度受限条件下；
- b) 道路施工、交通拥堵等特殊情况下；
- c) 学校、医院、商业区等人流密集区域。

7.3.3 低速运行模式

低速无人配送车辆在低速运行模式应满足下列要求：

- a) 车辆应具备低速运行模式，用于复杂环境或高风险区域（如人流密集区域、狭窄道路等）；
- b) 低速运行模式下，车辆最高速度不应超过15km/h，并应优先执行障碍物规避和紧急制动策略。

7.4 运行环境适应性

7.4.1 多场景适应能力

低速无人配送车辆应能够适应多种运行场景，包括但不限于：

- a) 城市道路：能够识别复杂的交通信号、行人和非机动车，并与其他交通参与者协作；
- b) 仓储中心和物流园区：能够在狭窄空间内精确导航，完成货物装卸任务；
- c) 专用室内区域：能够在有限空间内安全运行，避免与固定设施或其他设备发生碰撞。

7.4.2 恶劣天气适应能力

车辆应能够在雨、雪、雾等恶劣天气条件下稳定运行，并根据环境条件动态调整运行策略。系统应具备以下功能：

- a) 自动调整行驶速度；
- b) 提高环境感知系统的灵敏度；
- c) 在极端天气条件下安全退出运行状态。

7.4.3 夜间运行能力

车辆应具备夜间运行能力，包括但不限于：

- a) 配备高效照明系统，确保车辆在低光照条件下的环境感知能力；
- b) 配备反光标识和声光警示装置，提高夜间运行的可见性和安全性。

7.5 安全运行策略

7.5.1 障碍物规避

车辆应具备实时检测障碍物的能力，并采取以下措施：

- a) 减速或停车；
- b) 绕行障碍物；
- c) 在无法规避的情况下，执行紧急制动。

7.5.2 紧急制动与安全停靠

低速无人配送车辆的自动驾驶系统应满足下列要求：

- a) 系统应具备紧急制动功能，在检测到潜在碰撞风险时快速响应并执行制动操作。
- b) 在系统故障或运行条件超出设计范围时，车辆应能够安全地退出运行状态并停靠在安全位置。

7.5.3 碰撞保护与急停装置

低速无人配送车辆的碰撞保护与急停装置应满足下列要求：

- a) 车辆应配备符合GB/T 16754-2021中0类或1类的急停装置，急停装置应安装于醒目且便于操作的位置；
- b) 碰撞保护装置应能够在车辆触碰障碍物时触发紧急制动，并将状态信息回传至实时监控与管理系统。

8 安全要求

8.1 机械和电气安全

8.1.1 急停装置

低速无人配送车辆的急停装置应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应具备符合GB/T 16754-2021中0类或1类的急停装置，急停装置应安装于醒目且便于操作的位置；
- b) 急停装置应能够被现场触发或由后援用户远程触发，急停状态应优先于其他控制装置；
- c) 急停状态信息应能够实时回传至实时监控与管理系统，并支持现场人工复位或后援用户远程复位。

8.1.2 碰撞保护装置

低速无人配送车辆的碰撞保护装置应满足下列要求：

- a) 车辆应配备碰撞保护装置，使车辆在触碰障碍物时能够立即触发紧急制动；
- b) 碰撞保护状态应能够实时回传至实时监控与管理系统，并触发相关的安全策略（如停止运行、报警等）。

8.1.3 牵引装置

低速无人配送车辆的牵引装置应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆应在其前部至少固定或可安装一个牵引装置，牵引装置应符合GB 32087-2015的技术要求；
- b) 牵引装置应能够在车辆故障或紧急情况下用于车辆的拖拽或移动操作。

8.1.4 电气安全

低速无人配送车辆的电气系统应满足下列安全要求：

- a) 车辆的绝缘能力、防水能力、人员触电防护能力等电气安全性能应符合GB/T 18384-2020的规定；
- b) 电池系统应具备过充、过放、过热、短路等保护功能，确保电气系统的安全性。

8.1.5 自检功能

车辆应具有自我状态检测功能（包括启动和运行过程中），自检内容至少包括以下项目：

- a) 电池电压、电池充放电电流、电池温度；
- b) 车辆速度、通讯链路状态；
- c) 急停装置状态、碰撞保护装置状态；
- d) 自检数据应能够实时回传至实时监控与管理系统，并在检测到异常时触发报警或采取保护措施。

8.2 信息安全

8.2.1 外部连接安全

低速无人配送车辆的外部连接接口应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆的外部连接接口应具备防护措施，防止未经授权的访问和操作；
- b) 外部连接的安全要求应符合GB 44495-2024的相关规定，确保接口的完整性和抗干扰能力。

8.2.2 通信安全

低速无人配送车辆的通信系统应满足下列安全要求：

- a) 通信系统应具备数据加密、身份认证、防篡改等安全功能，确保数据传输的完整性和保密性；
- b) 系统应能够抵御常见的网络攻击（如中间人攻击、拒绝服务攻击等），确保通信链路的稳定性和可靠性。

8.2.3 软件升级安全

低速无人配送车辆的软件升级功能应满足下列要求：

- a) 低速无人配送车辆的软件升级过程应具备安全验证机制，防止恶意软件或未经授权的软件版本被安装。
- b) 低速无人配送车辆系统应提供版本回滚功能，以在发生升级故障时恢复到稳定版本；
- c) 在进行版本升级过程中，应保证车辆的核心安全机制持续有效，不应出现预期外的驾驶动作；
- d) 软件升级应支持远程和本地两种方式，升级过程应确保车辆的运行安全性；
- e) 更新前应通过监控与管理系统通知有关用户，并在非高峰时间执行更新，以减少对车辆运行任务的影响。

8.2.4 数据安全

低速无人配送车辆的用户数据管理应满足下列要求：

- a) 车辆运行过程中采集的所有数据（包括环境信息、车辆状态、货物信息等）应符合国家和地方政府关于数据安全和隐私保护的相关规定。
- b) 数据存储和传输应采用加密技术，确保数据的机密性和完整性。

8.3 数据记录与合规性

8.3.1 自动驾驶数据记录系统

低速无人配送车辆应符合GB 44497-2024中关于自动驾驶数据记录系统的要求。数据记录系统应能够实时记录以下信息：

- a) 车辆运行状态（如速度、位置、方向等）；
- b) 自动驾驶系统状态（如激活/未激活、故障状态等）；
- c) 环境感知数据（如障碍物、行人、车辆等）；
- d) 通信数据（如接管请求、远程指令等）。

8.3.2 数据存储与访问

低速无人配送车辆的数据存储与访问应满足下列要求：

- a) 数据记录系统应具备足够的存储容量，能够保存至少30天的运行数据；
- b) 数据访问应具备权限管理机制，仅允许授权用户访问和操作数据。

8.3.3 数据合规性

低速无人配送车辆在数据传输过程中应满足下列要求：

- a) 数据的采集、存储、传输应符合国家和地方政府关于数据安全和隐私保护的法律法规；
- b) 在数据共享或公开时，应对敏感信息进行脱敏处理，确保用户隐私不被泄露。

8.4 运行安全策略

8.4.1 障碍物规避

车辆应具备实时检测障碍物的能力，并采取以下措施：

- a) 减速或停车；
- b) 绕行障碍物；
- c) 在无法规避的情况下，执行紧急制动。

8.4.2 紧急制动与安全停靠

低速无人配送车辆的紧急制动功能应满足下列要求：

- a) 系统应具备紧急制动功能，在检测到潜在碰撞风险时快速响应并执行制动操作；
- b) 在系统故障或运行条件超出设计范围时，车辆应能够安全地退出运行状态并停靠在安全位置。

8.4.3 最小化风险策略

低速无人配送车辆的最小化风险策略应满足下列要求：

- a) 自动驾驶系统应具备最小化风险的策略，确保在任何情况下都能优先保护车辆乘员、货物和周围交通参与者的安全；
- b) 系统应能够在检测到不可避免的碰撞风险时，采取紧急制动或其他减缓措施，降低事故损失。

8.4.4 后援用户干预优先级

低速无人配送车辆的自动驾驶系统应满足下列干预优先级要求：

- a) 后援用户的干预指令应具有最高优先级，确保在任何情况下都能够覆盖车辆的自动驾驶控制逻辑；
- b) 系统应能够实时响应后援用户的干预指令，并在控制权转移完成后继续保持车辆的安全运行。

8.5 环境安全

8.5.1 噪声控制

低速无人配送车辆应满足下列噪声控制要求：

- a) 车辆运行时的噪声水平应符合GB/T 18384-2020的相关规定，确保对周围环境的影响最小化；
- b) 在人流密集区域或夜间运行时，车辆应具备低噪声模式，进一步降低运行噪声。

8.5.2 环境污染控制

低速无人配送车辆应满足下列环境污染控制要求：

- a) 车辆应采用清洁能源（如电力、氢燃料等）作为动力来源，减少对环境的污染；
- b) 车辆的能耗水平应符合国家相关节能标准，确保能源使用的高效性。

8.5.3 材料与回收

低速无人配送车辆应满足下列材料选择与回收要求：

- a) 车辆的制造材料宜选用可回收和环保材料，车辆报废后应能够实现高比例的材料回收利用；
- b) 制造和运行过程中应尽量减少对环境的负面影响，符合国家相关环保法规。

参 考 文 献

- [1]. GB/T 29912 城市物流配送汽车选型技术要求
- [2]. GB/T 41402 物流机器人 信息系统通用技术规范
- [3]. GB/T 43947 低速线控底盘通用技术要求
- [4]. YZ/T 0182 寄递无人车技术要求
- [5]. JT/T 1313 城市配送服务规范
- [6]. JT/T 1440 无人机物流配送运行规范
- [7]. T/SZITS 002.1 低速无人配送车城市商业运营安全管理规范 第1部分 术语与定义
- [8]. T/ITS 0202 低速无人配送车运行安全要求
- [9]. T/CITSA 05 短途智能无人车配送服务技术要求
- [10]. T/CSAE 286.2-2022 功能型无人车 第2部分:总体技术要求
- [11]. DB3205/T 1089 车联网 无人快递车运营管理规范
- [12]. DB4403/T 358 智能网联汽车自动驾驶系统设计运行条件
- [13]. ISO 22737 智能运输系统-用于预定路线的低速自动驾驶系统-性能要求、系统要求和性能测试程序(Intelligent transport systems - low-speed automated driving (LSAD) systems for predefined routes - performance requirements, system requirements and performance test procedures)
- [14]. ISO 34503 道路车辆—自动驾驶系统测试场景—设计运行范围规范 (RoadVehicles—Test scenarios for automated driving systems—Specificationfor operational design domain)
- [15]. ISO 37181 智能社区基础设施——自动驾驶汽车在公共道路上的智能交通 (Smart community infrastructures — Smart transportation by autonomous vehicles on public roads)