

# T/GLAC

## 中国卫星导航定位协会团体标准

T/GLAC XXXX—XXXX

### 基于北斗的无人配送车技术要求及测试方法

Technical requirements and test methods for BDS Unmanned delivery vehicle

(征求意见稿)

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

中国卫星导航定位协会 发布

## 目 次

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 前言 .....                     | II |
| 1 范围 .....                   | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....              | 1  |
| 3 术语和定义 .....                | 1  |
| 4 缩略语 .....                  | 2  |
| 5 一般要求 .....                 | 2  |
| 5.1 整体要求 .....               | 2  |
| 5.2 基本要求 .....               | 2  |
| 5.3 主要部件要求 .....             | 3  |
| 5.4 配置要求 .....               | 3  |
| 6 功能要求 .....                 | 4  |
| 6.1 自动行驶功能 .....             | 4  |
| 6.2 人机交互功能 .....             | 4  |
| 6.3 远程协助功能 .....             | 4  |
| 6.4 自检功能 .....               | 4  |
| 6.5 安全要求 .....               | 4  |
| 6.6 北斗导航单元 .....             | 5  |
| 7 性能要求 .....                 | 5  |
| 7.1 基本性能 .....               | 5  |
| 7.2 电气性能 .....               | 6  |
| 7.3 北斗导航单元性能 .....           | 6  |
| 8 测试方法 .....                 | 7  |
| 8.1 测试条件 .....               | 7  |
| 8.2 测试项目 .....               | 7  |
| 8.3 基本要求测试 .....             | 8  |
| 8.4 主要部件要求检测 .....           | 8  |
| 8.5 配置要求检测 .....             | 9  |
| 8.6 功能要求检测 .....             | 9  |
| 8.7 性能要求检测 .....             | 11 |
| 8.8 北斗导航单元检测 .....           | 11 |
| 附录 A (资料性) 定位精度的数据处理方法 ..... | 13 |
| 参考文献 .....                   | 14 |

## 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。

本文件由北京京东乾石科技有限公司提出。

本文件由中国卫星导航定位协会归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

# 基于北斗的无人配送车技术要求及测试方法

## 1 范围

本文件规定了基于北斗的无人配送车的一般要求、功能要求、性能要求和测试方法。  
本文件适用于在封闭园区和城市道路（不包括城市快速路）内运营的无人配送车的设计和生产。

## 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 4208—2017 外壳防护等级（IP代码）
- GB 4785 汽车及挂车外部照明和光信号装置的安装规定
- GB/T 4942.1—2021 旋转电机整体结构的防护等级（IP代码）-分级
- GB/T 5169.11 电工电子产品着火危险试验 第11部分：灼热丝/热丝基本试验方法成品的灼热丝可燃性试验方法
- GB 9743 汽车轮胎
- GB/T 14172 汽车、挂车及汽车列车静侧倾稳定性台架试验方法
- GB 15741 汽车和挂车号牌板(架)及其位置
- GB 17509 汽车及挂车转向信号灯配光性能
- GB 18384 电动汽车安全要求
- GB/T 18488.1 电动汽车用电机系统 第1部分：技术方法
- GB/T 18488.2 电动汽车用电机系统 第2部分：试验方法
- GB/T 20234.1 电动汽车传导充电用连接装置 第1部分：通用要求
- GB/T 21268—2014 非公路用旅游观光车通用技术条件
- GB 32087 轻型汽车牵引装置
- GB 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求
- GB/T 37153 电动汽车低速提示音
- GB/T 39720—2020 信息安全技术 移动智能终端安全技术要求及测试评价方法
- JB/T 5335 蓄电池车辆用直流电动机基本技术条件
- BD 410002A 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（一）
- BD 410003A 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（二）
- BD 410004 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机导航定位数据输出格式
- ANSI/UL 94—2023 设备和器具部件塑料材料易燃性测试标准（Tests for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances）

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 定位 positioning

利用测量信息确定用户位置的过程和技术。

[来源：GB/T 39267—2020，2.1.2]

### 3.2

#### 定位精度 positioning accuracy

观测位置值与真实位置值之差的统计值。

[来源：GB/T 39267—2020，2.3.23]

### 3.3

#### 无人配送车 unmanned delivery vehicle

具备在特定区域和道路上自动行驶功能，能根据客户指令到指定地点进行物流包裹送达或收取，并安全返回到指定位置的无人驾驶的、可载货的移动载具。

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

RMS：均方根（Root Mean Square）

GNSS：全球卫星导航系统（Global Navigation Satellite System）

HDOP：平面精度因子（Horizontal Dilution of Precision）

PDOP：位置精度因子（Position Dilution of Precision）

## 5 一般要求

### 5.1 整体要求

无人配送车应符合下列要求：

- 在工作温度 $-25^{\circ}\text{C}\sim 55^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 10%~85%、公众电信网或专网覆盖范围下特定区域和道路上正常使用。夏日太阳直射下，前后舱内温升需不影响舱各电气部件正常工作，车内各发热部件散热性良好，并具有温度异常反馈。其它使用环境做特殊约定；
- 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；
- 涂漆件的表面应光滑平整，色泽均匀，不应有明显的流疤、麻点、起泡、裂纹、起皱、脱落和划伤等缺陷；
- 焊接件的焊缝应均匀平整，无漏焊、裂纹、夹渣、烧穿、咬边等缺陷；
- 塑料件的表面应平整，色泽均匀，无明显飞边、划伤、裂纹、凹陷等缺陷；
- 用紧固件连接的各零部件应按要求联接牢靠，不得有松动现象；
- 各转动部件应运动灵活，无卡滞现象；
- 外壳、各部件采用阻燃材料，阻燃等级符合 ANSI/UL 94—2023 规定的 V0。

### 5.2 基本要求

#### 5.2.1 尺寸要求

无人配送车的外形尺寸满足表1的要求。

表1 尺寸要求

| 项目   | 尺寸(单位：mm)   |
|------|-------------|
| 整车长度 | $\leq 4500$ |
| 整车宽度 | $\leq 1800$ |
| 整车高度 | $\leq 2800$ |

#### 5.2.2 整备质量

应不大于2000kg。

#### 5.2.3 装载质量

最大装载质量应不大于4000kg。

#### 5.2.4 续航里程

无人配送车一次充满电后，满载续驶里程应不小于80km。

### 5.2.5 车速要求

在道路状况良好的道路上行驶时，自动行驶最高行驶速度应不大于50km/h。

## 5.3 主要部件要求

### 5.3.1 电动机

电动机应符合下列要求：

- a) 驱动电机技术条件应符合 GB/T 18488.1 的相关规定；
- b) 动力系统满足车辆在起步、行驶、爬坡和作业时的功率要求；
- c) 绝缘等级不低于 F 级。采用串励电动机时，应有必要的保护装置(不包括车轮制动器)，避免出现电动机持续超高速运转。采用直流牵引电动机时符合 JB/T 5335 的要求。电动机的防护等级应符合 GB/T 4942.1—2021 中 IP55 等级要求；
- d) 电机控制器支持过电流过热、过电压和欠电压的保护功能，防护等级符合 GB/T 4208 中 IPX5 等级要求。

### 5.3.2 蓄电池系统

蓄电池系统应符合下列要求：

- a) 充电用连接装置保证电源与主电路分离，插接器支持定向防护，防止插接器接反；
- b) 无人配送车的人员触电防护符合 GB 18384 的要求；
- c) 动力蓄电池循环寿命、安全、电性能符合国家相关规定的要求；
- d) 蓄电池包在可视部位标识出电池类型、电池包容量、电池包总质量和电池包标称电压等信息。

### 5.3.3 传感器

无人配送车应能通过传感器感知周边环境，获取周围障碍物位置和运动状态等信息，其传感器技术应满足以下要求：

- a) 传感器能准确感知周边环境的三维信息，特别是周围运动障碍物的位置、速度、航向及预测轨迹等状态信息；
- b) 车辆具备周围全方位的近场视觉记录及感知能力，完成行车过程的全程视频记录；
- c) 车身 2m 范围之内，采取不少于 2 种传感器进行冗余感知；
- d) 车前和车后的最大有效感知距离不小于 50m；
- e) 无人配送车支持北斗卫星导航定位系统，能通过传感器精确获取到自身的运动状态，包括但不限于自身速度、车身姿态、航向、绝对位置等；
- f) 传感器系统具备自诊断能力，能及时诊断出自身的硬件失效并上报给自驾行驶系统。

### 5.3.4 轮胎要求

轮胎应符合 GB 9743 的规定。

### 5.3.5 充电电源连接

无人配送车的充电电源连接应符合 GB/T 20234.1 的要求。

## 5.4 配置要求

### 5.4.1 照明及信号装置

无人配送车应配备前照明灯、后组合灯（包含转向灯和制动灯），其中前照明灯和制动灯应满足 GB 4785 的相关要求；转向灯应满足 GB 17509 的相关要求。

### 5.4.2 提示音装置

无人配送车应装有行人避让的提示音装置，在起步、躲避障碍物、货箱异常打开和倒车等情况下发出提示音，其性能和声压级应满足 GB/T 37153 的相关要求。

### 5.4.3 拖车钩

无人配送车应在其前部配备拖车钩装置，拖车钩的强度应符合GB 32087的规定。

### 5.4.4 号牌板（架）

无人配送车应配备号牌板（架），形状应符合GB 15741中的规定。

### 5.4.5 电能补充

无人配送车电能补充方式包含车载充电或换电两种方式。

## 6 功能要求

### 6.1 自动行驶功能

#### 6.1.1 交通信号的识别与响应

无人配送车应正确识别和响应其行驶环境中交通信号（不含交通警察的指挥信号），并按照交通信号的要求正确行驶。

#### 6.1.2 自动行驶/停车能力

无人配送车应按照道路与业务环境的要求，自主进行路径规划，并按照规则自主行驶实现直行、转弯或者倒车。在规划路径的行驶中点或终点，应具备实现靠边停车的能力。

#### 6.1.3 自动紧急制动

无人配送车应配备有独立的自动紧急制动系统，对于静止、匀速和加速前进的障碍物，应实现以下功能：

- a) 保障车辆在 30km/h 及以下车速直行向前行驶不发生主动碰撞；
- b) 保障车辆在以不大于 5km/h 速度转向行驶时不发生主动碰撞；
- c) 保障车辆在以不大于 5km/h 速度倒车行驶情况下不发生主动碰撞。

### 6.2 人机交互功能

无人配送车应具备人机交互功能，并应满足以下要求：

- a) 通过灯光、车辆外置显示屏幕、警示音、语音播报等方式让其他道路参与者了解车辆当前行为和下一步行驶意图，如变道、转弯、故障等；
- b) 在出发、停车，变道以及行驶过程中遇到危险状况时，能自动播报提示音。

### 6.3 远程协助功能

无人配送车应具备远程控制功能，并应满足以下要求：

- a) 车端到远程协助平台，视频推拉流用于视频传输时延应不大于 400ms，用于远程协助时延不大于 300ms；
- b) 车端到运营管理平台，控制信令时延不应高于 100ms；
- c) 自动记录和存储事故或失效状况发生前至少 90s 的状态信息，视频数据和底盘日志数据车端存储时间不少于 3d；
- d) 远程驾驶人通过运营管理平台获得控制车辆的权限并操控车辆行驶。

### 6.4 自检功能

配送车应具备自检功能，每次启动前，应进行系统异常检查、传感器异常检查，发现异常情况时，通过车端屏幕或交互软件等给出异常提醒。

### 6.5 安全要求

#### 6.5.1 制动系统

##### 6.5.1.1 制动距离

无人配送车的制动距离满足表2的要求。

表2 制动距离要求

| 路面条件 | 制动初速度(km/h) | 无载荷制动距离(m) | 最大载重制动距离(m) |
|------|-------------|------------|-------------|
| 干燥路面 | 30          | ≤7         | ≤9          |

#### 6.5.1.2 驻车制动

无人配送车最大装载时，应能停在附着系数不小于0.7且上、下坡度20%的坡道上，车辆不应后溜。

#### 6.5.2 人工接管

在无人配送车自动行驶状态不能处理的情况下，应具备人工接管的能力，运营服务人员能远程或直接控制车辆保证安全。

#### 6.5.3 触电保护

无人配送车的带电部分的触电防护应符合GB 18384的要求。

#### 6.5.4 车联网信息安全

##### 6.5.4.1 信息通路安全

无人配送车、用户、远程协助平台采用网络通讯手段时，应具备相应的网络通讯安全防护措施，包括网络隔离技术、校验技术、网络监控技术及恶意代码清除技术等。

##### 6.5.4.2 数据存储/访问安全

无人配送车、用户、远程协助平台进行数据交换的过程中应对用户进行身份验证，对授权的用户进行相应权限的数据交换，并应保证通讯数据的机密性与完整性。

##### 6.5.4.3 容灾备份/恢复

无人配送车服务器数据应相互备份和异地备份，系统遭遇故障和灾害时能迅速切换到其他正常服务器，保证系统能正常运行；数据信息每天全量备份（包括新增数据和历史数据）和实时增量备份，当数据信息造成意外丢失和毁坏时，可快速恢复。

#### 6.6 北斗导航单元

##### 6.6.1 设备及接口要求

北斗导航单元应至少包含主机盒，即信息处理、传输和存储的模块，以及天线，其中设备需支持双天线的接入。同时，提供至少一个输出端口和一个输入端口，其中输出端口应能输出符合BD 410004数据格式要求的北斗导航信息，输入端口应支持接收并处理符合BD 410002A或BD 410003A要求的差分信息。

##### 6.6.2 信号接收要求

###### 6.6.2.1 北斗导航系统支持

北斗导航单元应支持北斗三号卫星导航系统，能够捕获和跟踪北斗卫星导航信号进行定位。

###### 6.6.2.2 多频段支持

北斗导航单元应支持至少捕获与跟踪北斗三号卫星导航系统2个频段（B1/B2/B3）以上的载波信号进行信息解算，以提高精度和可靠性。

#### 7 性能要求

##### 7.1 基本性能

###### 7.1.1 倾斜稳定性



按照GB/T 14172规定的方法测试，在满载、静态条件下，向左侧和右侧倾斜的侧倾稳定角均不应小于 $25^{\circ}$ 。

### 7.1.2 行驶性能要求

车辆在满载时，爬坡能力应满足在0%~20%的坡道上，车辆不后溜。

### 7.1.3 转弯半径

无人配送车的转向机构应保证车辆的最小转弯半径，转动灵活，无卡滞现象。满载时在平坦、坚实、干燥和清洁的水泥或沥青道路上的回转半径 $\leq 5.5\text{m}$ 。

### 7.1.4 淋水性能

无人配送车应具有防雨密封性能，按8.6.1.4规定的方法测试后，北斗无人配送车应不丧失其正常行驶功能，各电器部件功能正常，且箱体内无水迹。

### 7.1.5 涉水性能

无人配送车在水深不低于120mm的环境中，车辆应能正常行驶，灯具、喇叭等电器部件，发光发声等信号功能正常。

## 7.2 电气性能

### 7.2.1 阻燃性能要求

无人配送车蓄电池组的非金属材料部件应能承受GB/T 5169.11中表1规定的 $550^{\circ}\text{C}$ 温度下的灼热丝试验。相关电源线及接插件支撑体的绝缘材料部件，应能承受GB/T 5169.11中表1规定的 $750^{\circ}\text{C}$ 温度下的灼热丝试验。

### 7.2.2 绝缘电阻要求

高压系统在300V以上时，常态下，车辆的电源电路、控制电路与外露可导电部件之间的绝缘电阻值应大于 $20\text{M}\Omega$ ；淋水和涉水测试后，绝缘电阻值应大于 $2\text{M}\Omega$ 。

### 7.2.3 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，其规格、参数应符合生产企业产品说明书或其他明示的规定。

## 7.3 北斗导航单元性能

### 7.3.1 水平定位精度

北斗导航单元的水平单点定位精度应小于等于 $1.5\text{m}$ （RMS）。

### 7.3.2 高程定位精度

北斗导航单元的垂直单点定位精度应小于等于 $3\text{m}$ （RMS）。

### 7.3.3 测速精度

北斗导航单元的测速精度应优于 $0.5\text{m/s}$ （ $2\sigma$ ）。

注： $2\sigma$ 表示标准差的2倍。

### 7.3.4 位置更新频率

北斗导航单元的定位更新频率大于等于 $1\text{Hz}$ 。

### 7.3.5 首次定位时间

北斗导航单元的冷启动时间应小于等于 $40\text{s}$ 。

### 7.3.6 捕获灵敏度

北斗导航单元的卫星信号捕获灵敏度应优于-140dBm。

### 7.3.7 跟踪灵敏度

北斗导航单元的卫星信号跟踪灵敏度应优于-150dBm。

## 8 测试方法

### 8.1 测试条件

除另有特殊规定外，测试应在以下环境进行：

- a) 温度：-25℃~55℃；
- b) 相对湿度：10%~85%；
- c) 风速不大于 3m/s；
- d) 测试时避免雨、雪、雾霾等天气；
- e) 测试场地为平坦、坚硬、干净且有良好附着系数的水泥路面或沥青路面，纵向坡度不超过 0.5%，横向坡度不超过 3%；
- f) 无人配送车能正常使用且配置完善，其轮胎气压与标称气压一致；
- g) 无人配送车动力蓄电池的容量不小于其额定容量的 75%。

### 8.2 测试项目

本文件规定的技术要求及测试方法所对应的条款见表3。

表3 测试项目一览

| 序号 | 测试项目   | 技术要求章节号    | 测试方法章节号 |
|----|--------|------------|---------|
| 1  | 基本要求   | 尺寸要求       | 8.3.1   |
| 2  |        | 整备质量       | 8.3.2   |
| 3  |        | 装载质量       | 8.3.3   |
| 4  |        | 续航里程       | 8.3.4   |
| 5  |        | 车速要求       | 8.3.5   |
| 6  | 主要部件要求 | 电动机        | 8.4.1   |
| 7  |        | 蓄电池系统      | 8.4.2   |
| 8  |        | 传感器        | 8.4.3   |
| 9  |        | 轮胎要求       | 8.4.4   |
| 10 |        | 充电电源连接     | 8.4.5   |
| 11 | 配置要求   | 照明及信号装置    | 8.5.1   |
| 12 |        | 提示音装置      | 8.5.2   |
| 13 |        | 拖车钩        | 8.5.3   |
| 14 |        | 号牌板（架）     | 8.5.4   |
| 15 |        | 电能补充       | 8.5.5   |
| 16 | 自动行驶功能 | 交通信号的识别与响应 | 8.6.2.1 |
| 17 |        | 自动行驶/停车能力  | 8.6.2.2 |
| 18 |        | 自动紧急制动     | 8.6.2.3 |
| 19 | 人机交互功能 | 6.2        | 8.6.3   |
| 20 | 远程协助功能 | 6.3        | 8.6.4   |
| 21 | 自检功能   | 6.4        | 8.6.5   |
| 22 | 安全要求   | 制动系统       | 8.6.6.1 |
| 23 |        | 人工接管       | 8.6.6.2 |
| 24 |        | 触电保护       | 8.6.6.3 |
| 25 |        | 车联网信息安全    | 8.6.6.4 |
| 26 | 北斗导航单元 | 设备及接口要求    | 8.6.7   |
| 27 |        | 信号接收要求     | 8.6.7   |
| 28 | 基本性能   | 倾斜稳定性      | 8.7.1.1 |
| 29 |        | 行驶性能要求     | 8.7.1.2 |
| 30 |        | 转弯半径       | 8.7.1.3 |

表3 测试项目一览（续）

| 序号 | 测试项目     | 技术要求章节号 | 测试方法章节号 |         |
|----|----------|---------|---------|---------|
| 31 | 基本性能     | 淋水性能    | 7.1.4   | 8.7.1.4 |
| 32 |          | 涉水性能    | 7.1.5   | 8.7.1.5 |
| 33 | 电器性能     | 阻燃性能要求  | 7.2.1   | 8.7.2.1 |
| 34 |          | 绝缘电阻要求  | 7.2.2   | 8.7.2.2 |
| 35 |          | 短路保护    | 7.2.3   | 8.7.2.3 |
| 36 | 北斗导航单元性能 | 水平定位精度  | 7.3.1   | 8.8.1   |
| 37 |          | 高程定位精度  | 7.3.2   | 8.8.1   |
| 38 |          | 测速精度    | 7.3.3   | 8.8.2   |
| 39 |          | 位置更新频率  | 7.3.4   | 8.8.3   |
| 40 |          | 首次定位时间  | 7.3.5   | 8.8.4   |
| 41 |          | 捕获灵敏度   | 7.3.6   | 8.8.5   |
| 42 |          | 跟踪灵敏度   | 7.3.7   | 8.8.6   |

### 8.3 基本要求测试

#### 8.3.1 尺寸要求

外尺寸采用满足其被测尺寸精度要求的测量工具测量。

#### 8.3.2 整备质量

按照无人配送车出厂技术条件(如备胎、工具等)全部配备,在不装载货物的情况下测量其总质量。

#### 8.3.3 装载质量

无人配送车货箱最大承载质量在满载时,放置在称重设备上,测量其总质量,然后减去整车质量。

#### 8.3.4 续航里程

在车辆满载、满电状态下进行,将所有用电设备全部打开(运行时自动驾驶设备、车联网设备、车辆自身用电设备全部开启)开始测试,从车辆达到最高车速后开始测量,当车速达不到工况要求或电量低于10%时终止测试。按照四舍五入圆整到整数记录测试期间车辆行驶的总里程,测试3次取平均值。

#### 8.3.5 车速要求

无人配送车满载时,从静止开始加速行驶,使车辆在驶入测试区之前能够达到最高稳定车速,并且保持这个车速持续行驶1km(测量区的长度)。记录车辆持续行驶1km的时间 $t_1$ 。随即做一次反方向的测试,并记录通过的时间 $t_2$ 。分别从测试跑道的正反两个方向进行10次测试,按公式计算测试结果取平均值。时间计算公式见公式(1)和公式(2)。

时间计算公式:

$$t = (t_1 + t_2)/2 \dots\dots\dots (1)$$

$$v = 3600/t \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$t$ ——持续行驶 1km 两次测试时间的算术平均值,单位为秒 (s);

$t_1$ ——正向持续行驶 1km 的测试时间,单位为秒 (s);

$t_2$ ——反向持续行驶 1km 的测试时间,单位为秒 (s);

$v$ ——最高车速,单位为千米每小时 (km/h)。

### 8.4 主要部件要求检测

#### 8.4.1 电动机

电动机的测试方法应符合 GB/T 18488.2的要求。

#### 8.4.2 蓄电池系统

无人配送车的动力蓄电池应按照GB 38031中的要求进行检验。

#### 8.4.3 传感器

无人配送车的传感器应按照5.3.3中的要求进行对比检验。

#### 8.4.4 轮胎要求

无人配送车的轮胎应按照GB 9743中的要求进行检验。

#### 8.4.5 充电电源连接

无人配送车的充电电源连接应符合GB/T 20234.1的要求。

### 8.5 配置要求检测

#### 8.5.1 照明及信号装置

根据对应工况正确开启或关闭相对应车辆照明装置，采用目测法检查确认各个灯具功能是否正常。

#### 8.5.2 提示音装置

低速提示音应按照GB/T 37153中规定的方法进行测试。

#### 8.5.3 拖车钩

拖车钩的强度应按照GB 32087中规定的方法进行测试。

#### 8.5.4 号牌板（架）

号牌板（架）的形状采用目测法检查，尺寸采用复合被测尺寸精度要求的测量工具测量。

#### 8.5.5 电能补充

目测检查无人配送车是否有充电口，并实际进行充电检查是否能够正常充电。按照无人配送车换电要求进行换电操作，检查是否满足其技术要求。

### 8.6 功能要求检测

#### 8.6.1 检测场地要求

无人配送车在进行公共道路测试之前必须在封闭测试道路完成基本功能的测试验证。测试场地应具备如下特点：

- a) 可控性高，能设置不同的测试变量以考察无人配送车不同方面的能力；
- b) 保真度高，与真实情况关联性高，能切实反映在实际交通场景下的行为表现；
- c) 可复制性强与可重复性高。

#### 8.6.2 自动行驶功能

##### 8.6.2.1 交通信号的识别与响应

无人配送车交通信号识别和响应测试场地应至少包含同向双车道或者一条机非混行车道、一条非机动车道，该路段设置非机动车信号灯、移动交通信号灯、机动车信号灯和闪光警告信号灯。测试车辆在自动行驶模式下，按照交通灯传递的信息行驶。

每类场景测试次数为10次，1次测试不通过，则该场景测试不通过。任何一个场景测试不通过，则该检测项目不通过。

##### 8.6.2.2 自动行驶/停车能力

无人配送车自动行驶/停车测试场地应至少包含同向双车道或者一条机非混行车道、一条非机动车道，测试车辆沿着车道行驶。

测试车辆根据系统输入的起始地点，自动规划路径，并按照路径正确行驶；在自动行驶模式下，测试车辆能根据后方和右侧的交通情况，实现减速，向右转向靠边，并平稳停车。

### 8.6.2.3 自动紧急制动

无人配送车自动紧急制动测试道路为至少包含两条车道的长直道,一个左转弯路口和一个右转弯路口。

测试车辆以要求的速度(如30km/h)匀速行驶,当测试车辆到达人行横道线前50m距离时,行人自测试车辆左侧路侧开始起步,以3km/h~5km/h的速度通过人行横道线。

- a) 测试车辆应能提前减速或制动,并保证行人安全通过测试车辆所在车道;
- b) 测试车辆停止于人行横道前方时,待行人穿过测试车辆所在车道后,测试车辆应能自动启动继续行驶,启动时间不得超过5s。
- c) 每类场景测试次数为10次,1次测试不通过,则该场景测试不通过。任何一个场景测试不通过。则该检测项目不通过。

### 8.6.3 人机交互功能

测试车辆的灯光、显示屏、语音播报等系统在不同车辆状态下对车辆状态以及行为意图等信息传达是否准确合理。

### 8.6.4 远程协助功能

测试车辆在自动驾驶算法自身不能处理的场景下是否能请求远程协助。视频推流以及控制指令的延时需满足远程协助功能的性能要求。

### 8.6.5 自检功能

测试车辆启动时是否对系统进行异常检查、传感器异常检查,发现异常情况时,是否有报警提示。

### 8.6.6 安全要求检测

#### 8.6.6.1 制动系统

无人配送车的制动性能测试按照GB/T 21268—2014中6.7的规定进行。

#### 8.6.6.2 人工接管

测试车辆处于自动行驶模式下,且在静止或行驶过程中。现场人员通过遥控器或远程操作人员通过远程驾驶系统接管车辆,使车辆完成制动。车辆制动后可通过遥控器或远程驾驶系统解除制动,控制车辆行驶(前进、倒车、左右转向、制动),并能恢复车辆行驶模式为自动行驶模式。

能够对测试车辆成功完成人工制动、控制车辆行驶、恢复自动驾驶行驶模式。每类场景测试次数为10次,1次测试不通过,或任何一个场景测试不通过,则该检测项目不通过。

#### 8.6.6.3 触电防护检测

按照GB 18384—2020中第6章中的方法进行检测。

#### 8.6.6.4 车联网信息安全

##### 8.6.6.4.1 信息通路安全

无人配送车信息通路安全按照GB/T 39720—2020中7.4.1和7.4.2的方法进行测试。

##### 8.6.6.4.2 数据存储/访问安全

无人配送车数据存储/访问安全按照GB/T 39720—2020中7.2的方法进行测试。

##### 8.6.6.4.3 容灾备份/恢复

无人配送车服务器数据容灾备份/恢复按照GB/T 39720—2020中7.2的方法进行测试。

### 8.6.7 北斗导航单元设备接口及信号接收测试

按照厂家设备说明文档做硬件设备完整性检查，连接被测设备的输入和输出端口，使用厂家提供的测试软件读取被测终端的输出和输入信息，包括卫星导航系统的多星座支持，北斗三号卫星导航系统的多频段支持信息等。

在测试中根据需要使用实际的导航卫星信号或模拟测试信号。模拟器产生的信号必须具有与卫星信号相同的特性，在正常动态星座下，能产生几何位置良好（HDOP $\leq$ 4 或PDOP $\leq$ 6）的卫星信号。所有测试用仪器、设备应有足够的测量范围、分辨力、准确度和稳定度，其性能应满足被测性能指标的要求；测试所用仪器设备应经过计量部门检定或校准，符合性能指标要求，并在检定或校准有效期内。

## 8.7 性能要求检测

### 8.7.1 基本性能检测

#### 8.7.1.1 倾斜稳定性

测试在空载状态下进行。将测试车辆左右(侧向)放置在 25° 的斜坡上，观察无人配送车车轮是否有离开地面的现象。

#### 8.7.1.2 行驶性能要求

测试车辆在倒车的最大车速，其车速不大于5km/h。

测试车辆在满载时在20%坡道上的爬坡能力，车辆无后溜。

#### 8.7.1.3 转弯半径

在空载状态下进行。在水平路面上，保持速度低于5km/h，方向转到极限位置，分别采用人工控制和自动转向两种模式下向一侧做 360° 转向，测量无人配送车前外轮对应的印迹中心圆的转弯半径。

#### 8.7.1.4 淋水性能

将无人配送车驱动轮离地，测试前接通电路，给所有用电设备供电。

采用符合GB/T 4208—2017中IPX3规定的喷头洒水设备，向测试车辆作顶部及两侧的喷淋洒水，持续时间为15 min。测试后，检查厢体内水迹，测试车辆的运行状态，对测试车辆进行绝缘电阻测量。

#### 8.7.1.5 涉水性能

在水深120mm的环境中以15km/h满载正反向通过长度100m水道后，无人配送车能正常行驶，电动机、蓄电池等声光信号功能正常，并且10min内电器部件无短路、起火等现象。涉水后检查测试车辆如发现车厢内地板无渗漏。

### 8.7.2 电器性能检测

#### 8.7.2.1 阻燃性能检测

阻燃性能检测对电池组盒壳体、电源线接插器、大灯接插器、电源锁接插器等件按照GB/T 5169.11规定的方法进行测试。

#### 8.7.2.2 绝缘电阻检测

用500V兆欧表进行测量，断开蓄电池电路，将兆欧表“L”端连接测试车线路的正极或负极，将“E”端依次接车厢、电动机的外壳，观察是否达到要求的绝缘值。

#### 8.7.2.3 短路保护检测

检查在车辆充电线路中是否装有熔断丝或断路器保护装置，电池输出端电路中是否接入熔断丝或断路器保护装置。

## 8.8 北斗导航单元检测

### 8.8.1 定位精度测试

在GNSS接收机检定场中测试，测试条件静态、开阔空间保证可以接收到卫星信号（卫星数 $\geq 4$ ），天线安装在检定场的已知点位上，点位三维绝对精度优于0.01 m，连续测试12h以上，将获取的定位数据与标准点坐标进行比较，定位精度计算方法见附录A。

### 8.8.2 测速精度测试

在HDOP $\leq 4$ 或PDOP $\leq 6$ 时，用GNSS模拟器模拟卫星导航信号和用户运动轨迹，输出射频仿真信号。被测北斗导航单元接收射频仿真信号，按1 Hz的更新率输出速度数据，以模拟器仿真的速度作为标准，统计速度误差。

依次用模拟器仿真不同动态的用户运动轨迹，每条轨迹的仿真时间不小于5min，各条轨迹的最大速度、最大加速度取值分别不大于（4m/s，1m/s<sup>2</sup>），（8m/s，2m/s<sup>2</sup>），（12.5m/s，3.2m/s<sup>2</sup>）。

### 8.8.3 位置更新频率

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度为2.5 m/s $\pm$ 0.5 m/s的直线运动用户轨迹，在10 min内，每隔1 s检查北斗导航单元的位置数据输出，观察每次位置数据的更新时刻。

### 8.8.4 首次定位时间

冷启动首次定位时间测试方法如下：

- a) 用模拟器进行测试，信号电平为-127 dBm，设置模拟器仿真速度不高于2 m/s的直线运动用户轨迹，使被测北斗导航单元在下述任一种状态下开机，以获得冷启动状态：
- b) 为被测导航模块初始化一个距实际测试位置不少于1000 km但不超过10000 km的伪位置，或删除当前历书数据；
- c) 7 d以上不加电（设备中无存储星历和历书）；
- d) 以1 Hz的位置更新率连续记录输出的定位数据，找出首次连续10次输出稳定的定位数据的时刻，计算从开机到上述10个输出时刻中第1个时刻的时间间隔。

### 8.8.5 捕获灵敏度测试

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于2 m/s的直线运动用户轨迹。每次设置模拟器输出的各颗卫星的每一通道信号电平从导航模块不能捕获信号的状态开始，以1 dB步进增加，若被测北斗导航单元技术文件声明的捕获灵敏度量值低于-140 dBm要求的限值，可从比其声明的灵敏度量值低2dB的电平值开始。

在模拟器输出信号的每个电平值下，被测北斗导航单元在冷启动状态下开机，若其能够在300s内捕获导航信号，并以1Hz的更新率连续10次输出稳定的定位数据，记录该电平值。

### 8.8.6 跟踪灵敏度测试

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度不高于20 m/s的直线运动用户轨迹。在北斗导航单元正常定位的情况下，设置模拟器输出的各颗卫星的各通道信号电平以1 dB步进降低。在模拟器输出信号的各电平值下，测试北斗导航单元能否在300 s内连续10次输出稳定的定位数据，找出能够使导航模块满足该定位要求的最低电平值。

附 录 A  
(资料性)  
定位精度的数据处理方法

A.1 基于均方根误差的数据处理方法

数据处理步骤如下：

- a) 在得到的全部实时定位数据中剔除 HDOP>4 或 PDOP>6 的测量数据；
- b) 在下述处理过程中，应选用适当的统计判断准则（如  $2\sigma$  准则）剔除粗大误差数据；
- c) 将导航模块输出的大地坐标系（BLH）定位数据转换为站心坐标系（ENU）定位数据；
- d) 按公式（A.1）～公式（A.3）计算各历元输出的定位数据在站心坐标系下各方向（ENU 方向，即东北天方向）的定位误差：

$$\Delta E_i = E_i - E_{oi} \dots\dots\dots (A.1)$$

$$\Delta N_i = N_i - N_{oi} \dots\dots\dots (A.2)$$

$$\Delta U_i = U_i - U_{oi} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$\Delta E_i$ 、 $\Delta N_i$ 、 $\Delta U_i$  ——第*i*次实时定位数据的 E、N、U 方向和水平方向的定位误差（ $i = 1, 2 \sim n$ ），单位为米（m）；

$E_i$ 、 $N_i$ 、 $U_i$  ——第*i*次实时定位数据的 E、N、U 方向分量，单位为米（m）；

$E_{oi}$ 、 $N_{oi}$ 、 $U_{oi}$  ——第*i*次实时定位的标准点坐标 E、N、U 方向分量，单位为米（m）。

- e) 按公式（A.4）～公式（A.7）计算站心坐标系下各方向的平均定位偏差：

$$\Delta E^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta E_i)^2}{n} \dots\dots\dots (A.4)$$

$$\Delta N^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta N_i)^2}{n} \dots\dots\dots (A.5)$$

$$\Delta U^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(\Delta U_i)^2}{n} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$\Delta H^2 = \Delta E^2 + \Delta N^2 \dots\dots\dots (A.7)$$

式中：

$\Delta E$ 、 $\Delta N$ 、 $\Delta U$  ——平均定位偏差的 E、N、U 方向分量，单位为米（m）；

$\Delta H$  ——水平定位距离偏差，单位为米（m）。

- f) 按公式（A.8）～公式（A.11）计算定位的均方根差(Root Mean Square)：

$$RMS_E = \sqrt{\Delta E^2} \dots\dots\dots (A.8)$$

$$RMS_N = \sqrt{\Delta N^2} \dots\dots\dots (A.9)$$

$$RMS_U = \sqrt{\Delta U^2} \dots\dots\dots (A.10)$$

$$RMS_H = \sqrt{\Delta H^2} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

$RMS_E$ 、 $RMS_N$ 、 $RMS_U$  ——均方根误差在 E、N、U 方向的分量，单位为米（m）；

$RMS_H$  ——均方根误差在水平方向的分量，单位为米（m）；



## 参 考 文 献

- [1] GB/T 39267 北斗卫星导航系统术语
-