

ICS 03.240

CCS T 35

T/GLAC

中国卫星导航定位协会团体标准

T/GLAC 23—2025

北斗物流应用 无人配送车技术要求及测试 方法

BDS logistics application—Technical requirements and test methods for
unmanned delivery vehicle

2025 - 06 - 25 发布

2025 - 06 - 25 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
6 功能要求	3
7 性能要求	4
8 测试方法	5
附录 A（资料性） 定位精度的数据处理方法	11
参考文献	12

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。

本文件由中国卫星导航定位协会提出并归口。

本文件起草单位：北京京东乾石科技有限公司、上海华测导航技术有限公司、上海司南导航技术股份有限公司、九识(苏州)智能科技有限公司、广州星程智能科技有限公司、上海阿奇米德智能科技有限公司、北京市中位协北斗时空技术研究院。

本文件主要起草人：马福强、杨宝栋、乔晓强、田鑫、孙京侨、吉宏巍、闵敏、蔡逾越、刘杰、吴乔波、彭际黎、刘强、王鹏飞、卜巨涛、张磊、王辉。

北斗物流应用 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。

本文件适用于采用北斗技术，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、生产和测试。

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/T 5169.11—2017 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/T 14172 汽车、挂车及汽车列车静侧倾稳定性台架试验方法

GB 18384 电动汽车安全要求

GB/T 20234.1—2023 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 38031 电动汽车用动力蓄电池安全要求

GB/T 39267 北斗卫星导航术语

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

3 术语和定义

GB/T 39267界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

北斗导航单元 Beidou navigation unit

集成了北斗卫星导航系统信号接收和处理功能的模块或设备。

3.2

视频推拉流 stream pushing and pulling

视频推流和视频拉流的统称。视频推流指将视频数据从采集端（如摄像头、编码器）实时上传至服务器的过程，视频拉流指客户端从服务器实时接收并播放这些视频流的过程，两者共同构成流媒体实时传输的完整链路。

3.3

失效状态 failure state

因故障、损坏、老化等原因，部分或全部功能无法正常发挥，无法满足安全行驶或使用要求的状态。

3.4

无人配送车 unmanned delivery vehicle

一种装载北斗导航单元，具备在特定的区域和道路上自动行驶的能力，且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、能载货的移动载具。

3.5

远程协助平台 remote assistance platform

平台

面向运营人员使用，支持对无人配送车远程实时监控、信息查询、能对车辆进行远程急停、路径调整、速度控制等精准操作的线上平台。

3.6

远程驾驶人 remote driver

在远离车辆的控制中心，通过远程协助平台实时监控车辆行驶状态，并在车辆遇到复杂路况、系统故障等特殊情况下，能远程接管车辆，进行操控以确保车辆安全运行的工作人员。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

BDS:北斗卫星导航系统 (BeiDou Navigation Satellite System)

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)

RMS:均方根 (Root Mean Square)

5 一般要求

5.1 整车

无人配送车应符合下列要求：

- a) 在工作温度 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $10\%\sim 85\%$ 、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；
- b) 车厢密闭，具备防止未经授权物理接触、电子信号干扰及部件拆卸的安全设计等安全措施，配备监控系统，能远程监控车辆周边环境、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；
- c) 用紧固件连接的北斗导航单元等零部件连接牢靠，无松动现象。

5.2 续航里程

无人配送车一次充满电后，满载续航里程不小于 80 km ，且行驶过程中，北斗定位持续有效。

5.3 车速

无人配送车在状况良好的道路上行驶时，自动行驶最高速度 $\leq 50\text{ km/h}$ ，且能通过北斗导航单元实时定位。

5.4 主要部件要求

5.4.1 蓄电池系统

蓄电池系统为无人配送车及北斗导航单元持续供电，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、性能符合 GB 38031 的要求；
- d) 在蓄电池包的可视部位标识电池类型、电池包的容量、总质量、标称电压等信息。

5.4.2 传感器

无人配送车通过传感器感知周边环境，获取周围障碍物的位置和运动状态等信息，传感器应符合下列要求：

- a) 准确感知运动障碍物的位置、速度、航向及预测轨迹等周边环境的三维信息；

- b) 具备对周围全方位的近场画面的记录及感知能力，完成行车过程的全程视频记录；
- c) 在车身外表 2 m 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 ≥ 50 m；
- e) 支持采用 BDS 进行定位导航，能通过传感器精确获取到自身的运动状态，包含但不限于车速、车身姿态、航向、经纬度坐标等；
- f) 具备自诊断能力，能及时诊断出自身硬件失效并上报给自动行驶系统。

5.4.3 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。

6 功能要求

6.1 北斗导航单元

6.1.1 设备及接口

北斗导航单元的装载分为分体式主机盒方案和集成式模组方案，应包含信息处理、传输、存储模块、天线等组成部分。其中，北斗导航单元能选配支持双天线接入模式，当启用双天线定向功能时，定向误差 $<1^\circ$ ，并提供至少1个输出端口和1个输入端口。所支持的输出端口数据格式见BD 410004—2015，输入端口数据格式见BD 410002A—2022和BD 410003A—2022。

6.1.2 信号接收

北斗导航单元应支持捕获和跟踪由BDS播发的公开服务信号并进行定位，且至少能捕获与跟踪BDS的2个频段（B1/B2/B3）及以上的载波信号并进行解算。

6.2 自动行驶/停车

无人配送车应具备基于道路与周围环境，使用北斗定位自主进行路径规划的功能，并按照路径规划自主行驶实现直行、转弯或者倒车。在规划路径的行驶途中停靠点或终点，应具备实现靠边停车的功能，并将北斗定位信息回传至平台。

6.3 自动紧急制动

无人配送车应配备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) 保障车辆在以不大于 30 km/h 速度向前行驶时不发生主动碰撞；
- b) 保障车辆在以不大于 5 km/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 5 km/h 速度倒车行驶时不发生主动碰撞。

6.4 人机交互

无人配送车应具备人机交互功能，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、倒车等；
- b) 在出发、靠边停车、以及行驶过程中遇到危险状况或发生事故时，能自动播报提示音，并将北斗定位信息回传至平台。

6.5 远程协助

无人配送车应具备远程控制功能，满足以下要求：

- a) 支持远程驾驶人通过平台或遥控器获得控制车辆的权限并操控车辆行驶，并对车辆进行进、后退、左转、右转、刹车等控制；
- b) 当远程驾驶人主动退出接管模式时，车辆具备自动恢复自动驾驶状态的能力；
- c) 当发生事故或失效状态时，支持将实时北斗定位信息回传至平台。

6.6 自检

无人配送车应具备自检功能。在每次启动前，能自动进行系统异常检查、传感器异常检查、北斗导航单元检查，发现异常情况时，通过无人配送车屏幕或交互软件等给出异常提醒。

6.7 驻车制动

无人配送车最大载重时，应具备驻停在坡度20%，平坦、硬实、干燥和清洁的混凝土或沥青路面坡道上，车辆固定不动的能力。

6.8 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。

6.9 短路保护

无人配送车应支持短路保护功能，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。装置规格和参数应符合生产企业产品说明书或其他明示的规定。

6.10 基于北斗的车联网信息安全

6.10.1 信息通路安全

无人配送车在与用户或平台进行网络通讯时，应支持网络隔离、校验、网络监控及恶意代码清除等安全防护技术功能。

6.10.2 数据存储/访问安全

无人配送车在与用户或平台进行数据交换时，应支持通过身份验证，对授权的用户进行相应权限的数据交换的功能。

6.10.3 容灾备份/恢复

无人配送车应具备对服务器数据相互备份和异地备份的能力，当服务器遭遇故障和灾害时能切换到其他正常工作的服务器。数据信息应每天进行全量备份(包括新增数据和历史数据)和实时增量备份。备份数据应存储于加云端，且符合国家数据安全相关规定。

7 性能要求

7.1 北斗导航单元

7.1.1 水平单点定位精度

北斗导航单元的水平单点定位精度按照附录A的方法计算，误差应 ≤ 1.5 m (RMS)。

7.1.2 高程定位精度

北斗导航单元的高程定位误差应 ≤ 3 m (RMS)。

7.1.3 测速精度

北斗导航单元的测速误差 (2σ) 应 < 0.5 m/s。

注： 2σ 表示标准差的2倍。

7.1.4 位置更新频率

北斗导航单元的定位数据更新频率 ≥ 1 Hz。

7.1.5 首次定位时间

北斗导航单元的冷启动时间应 ≤ 40 s。

7.1.6 捕获灵敏度

北斗导航单元的卫星信号捕获灵敏度应优于 -140 dBm。

7.1.7 跟踪灵敏度

北斗导航单元的卫星信号跟踪灵敏度应优于-150 dBm。

7.2 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小于25°。

7.3 制动距离

无人配送车的制动距离应满足表1的要求。

表1 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

7.4 淋水

向无人配送车顶部及两侧持续喷水15 min后，无人配送车应不丧失正常行驶功能，北斗导航单元等各电器部件功能正常，且箱体内无水迹。

7.5 涉水

无人配送车在水深100 mm的环境中能正常行驶，灯具、喇叭、北斗导航单元等电器部件，以及发光发声等功能正常。

7.6 远程协助

远程协助性能要求如下：

- 无人配送车到平台，视频推拉流用于视频传输的时延≤400 ms，用于远程协助的时延≤300 ms；
- 无人配送车到平台，控制信令的时延≤100 ms；
- 自动记录和存储事故或失效状态发生前至少 90 s 的状态信息，视频数据和底盘日志数据在无人配送车存储的时间不少于 3 d。

7.7 阻燃

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—2017中表1规定的550 °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—2017中表1规定的750 °C温度下的灼热丝试验。

7.8 绝缘电阻

高压系统在300 V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 MΩ；淋水和涉水测试后，绝缘电阻值应大于2 MΩ。

8 测试方法

8.1 测试条件

除另有特殊规定外，测试应在下列条件下进行：

- 温度：-25 °C~55 °C；
- 相对湿度：10%~85%；
- 风速≤3 m/s；
- 无雨、雪、雾霾等天气；
- 测试场地平坦、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%；
- 无人配送车经配置能正常使用，车辆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

测试项目与章节对应情况见表2。

表2 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	一般要求	续航里程	5.2	8.3.1	
2		车速	5.3	8.3.2	
3		主要部件	蓄电池系统	5.4.1	8.3.3.1
4			传感器	5.4.2	8.3.3.2
5			充电电源连接	5.4.3	8.3.3.3
6	北斗导航单元	设备及接口	6.1.1	8.4.2	
7		信号接收	6.1.2		
8	功能要求	自动行驶/停车	6.2	8.4.3	
9		自动紧急制动	6.3	8.4.4	
10		人机交互	6.4	8.4.5	
11		远程协助	6.5	8.4.6	
12		自检	6.6	8.4.7	
13		驻车制动	6.7	8.4.8	
14		触电保护	6.8	8.4.9	
15		短路保护	6.9	8.4.10	
16		基于北斗的车联网信息安全	信息通路安全	6.10.1	8.4.11.1
17			数据存储/访问安全	6.10.2	8.4.11.2
18			容灾备份/恢复	6.10.3	8.4.11.3
19		北斗导航单元	水平单点定位精度	7.1.1	8.5.1.1
20			高程定位精度	7.1.2	
21			测速精度	7.1.3	8.5.1.2
22			位置更新频率	7.1.4	8.5.1.3
23	首次定位时间		7.1.5	8.5.1.4	
24	捕获灵敏度		7.1.6	8.5.1.5	
25	跟踪灵敏度		7.1.7	8.5.1.6	
26	倾斜稳定性		7.2	8.5.2	
27	制动距离		7.3	8.5.3	
28	淋水		7.4	8.5.4	
29	涉水	7.5	8.5.5		
30	远程协助	7.6	8.5.6		
31	阻燃	7.7	8.5.7		
32	绝缘电阻	7.8	8.5.8		

8.3 一般要求测试

8.3.1 续航里程

在无人配送车满载、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后开始测试，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。按整数记录测试期间车辆行驶的总里程和从开始测试到终止测试时车辆北斗定位信息，总里程测试3次取平均值，如平台能准确记录车辆北斗定位信息，同时平均值符合5.2的要求，则判定该测试项目通过，否则不通过。

8.3.2 车速

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达到最高（稳定）车速，并且保持此车速持续行驶1 km（测量区的长度）。记录车辆持续行驶1 km的时间间隔 t_1 。随即做一次反方向的测试，并记录通过的时间间隔 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。时间计算见公式（1），车速计算见公式（2）。

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

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

式中：

t ——持续行驶 1 km 所需时间的算术平均值，单位为秒（s）；

t_1 ——正向持续行驶 1 km 的测试时间间隔，单位为秒（s）；

t_2 ——反向持续行驶 1 km 的测试时间间隔，单位为秒（s）；

v ——最高车速，单位为千米每小时（km/h）。

8.3.3 主要部件要求测试

8.3.3.1 蓄电池系统

无人配送车的动力蓄电池应按照GB 38031的要求进行测试。

8.3.3.2 传感器

无人配送车的传感器应对应5.2.2中的要求项进行检测，采用目测法检查传感器数量、电源和连接情况、环境情况，通过无人车功能检视功能观察传感器情况，以及通过交互软件查看传感器的校准参数，以检查传感器的校准情况，如测试后传感器各项功能和性能参数符合5.4.2的要求，则判定该测试项目通过，否则不通过。

8.3.3.3 充电电源连接

无人配送车的充电电源连接应按照GB/T 20234.1—2023中7.7规定的方法进行测试。

8.4 功能测试

8.4.1 测试场地要求

无人配送车在进行公共道路测试之前，应在封闭测试道路完成基本功能的测试验证。测试场具备下列特点：

- a) 可控性：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) 高保真：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) 易复制：测试场地能以较低的成本进行复制和布置；
- d) 重复性：测试场景模拟的行驶环境能覆盖大多数车辆实际行驶环境。

8.4.2 北斗导航单元设备接口及信号接收

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，包括对BDS的多频段支持信息等，如能正常显示北斗导航单元捕获的BDS公开服务信号信息，则判定该测试项目通过，否则不通过。

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。模拟器产生的信号应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≤4 或PDOP≤6）的卫星信号。所有测试用仪器、设备有足够的测量范围、分辨力、准确度和稳定度，性能应为被测性能指标要求的3~10倍；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。

8.4.3 自动行驶/停车

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，无人配送车沿着车道行驶，测试步骤如下：

- a) 根据系统输入的起始地点，观察车辆是否能自动规划路径，并按照路径正确行驶；
- b) 在自动行驶模式下，观察车辆是否能根据后方和右侧的交通情况，实现直行、转弯、倒车、减速、向右转向靠边，并平稳停车的功能；
- c) 在车辆行驶至途中停靠点或终点时，观察车辆是否能平稳停车并记录停车时间，依据时间检查平台是否记录车辆停车时的北斗定位信息，如车辆能平稳停车，且平台已准确记录车辆停车时的北斗定位信息，则判定该测试项目通过，否则不通过。

8.4.4 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，测试步骤如下：

- a) 设定车辆以 30 km/h 的速度匀速行驶，当车辆到达人行横道线前 50 m 距离时，行人自车辆左侧路侧开始起步，以 3 km/h~5 km/h 的速度通过人行横道线；
- b) 观察车辆是否做出减速或制动动作，并停止于人行横道前方，同时手动记录车辆做出减速或制动动作的时间；
- c) 待行人穿过车辆所在车道后，观察车辆是否自动启动继续行驶，且启动时间不超过 5 s；
- d) 每类场景测试次数为 10 次，1 次测试不通过或任一场景测试不通过，则该检测项目不通过。

8.4.5 人机交互

采用直观检测，无人配送车以自动行驶模式匀速行驶，在变道、转弯、倒车等过程中，观察车辆是否通过灯光、车辆外置显示屏幕、警示音、语音播报等方式进行预警，提示周边交通参与者注意安全。

远程驾驶人通过平台设置导航路径，在预计车辆行驶的道路中模拟能触发自动紧急制动的场景。当平台对车辆发送出发指令后，观察车辆是否在出发、靠边停车和通过触发自动紧急制动的场景时能自动播报提示音，手动记录上述事件发生的时间，并检查平台是否能够正常接收并记录北斗定位信息，如播报提示音能按照测试场景依次触发，且平台能查询到触发时车辆的北斗定位信息，则判定该测试通过，否则不通过。

8.4.6 远程协助

远程协助功能测试方法如下：

- a) 远程驾驶人通过平台发送远程协助指令后，依次对无人配送车发送前进、后退、左转、右转、刹车等控制指令，观察车辆能否按照指令行驶；
- b) 远程驾驶人通过平台发送退出远程协助模式后，观察车辆是否恢复自动行驶模式；
- c) 重复 a)、b) 测试 10 次，如 10 次车辆均能按照指令行驶，且在退出远程协助模式后，能恢复自动行驶模式，则判定该测试项目通过，否则不通过；
- d) 分别模拟事故和失效状态，当事故或失效状态事件发生时，记录该事件发生的时间，与自动记录在平台的记录进行对比，并查看平台是否已记录事件发生时车辆的定位信息，如平台能正确显示事件发生时车辆的定位信息，则判定该测试项目通过，否则不通过。

8.4.7 自检

无人配送车启动，通过车端屏幕或交互软件查看自检信息，观察是否对系统、传感器等进行异常检查，且在发现异常情况时，有报警提示。

8.4.8 驻车制动

无人配送车的制动性能测试应按照 GB/T 21268—2014 中 6.10 的规定进行。

8.4.9 触电防护

按照 GB 18384—2020 中第 6 章中的方法进行检测。

8.4.10 短路保护

短路保护测试采用目测法，分别检查无人配送车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，如均有保护装置，则判定该测试项目合格，否则不合格。

8.4.11 基于北斗的车联网信息安全

8.4.11.1 信息通路

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

8.4.11.2 数据存储/访问

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

8.4.11.3 容灾备份/恢复

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

8.5 性能测试

8.5.1 北斗导航单元

8.5.1.1 定位精度

在BDS接收机检定场中测试，测试条件为静态、开阔空间，能接收到卫星信号（卫星数 ≥ 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12 h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。

8.5.1.2 测速精度

在HDOP ≤ 4 或PDOP ≤ 6 时，用BDS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5 min，各条轨迹的最大速度、最大加速度取值分别不大于（4 m/s，1 m/s²）、（8 m/s，2 m/s²）和（12.5 m/s，3.2 m/s²）。

8.5.1.3 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。

8.5.1.4 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 ≤ 2 m/s的直线运动用户轨迹，使被测北斗导航单元在下列任一种状态下开机，以获得冷启动状态：
 - 1) 为被测导航模块初始化一个距离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；
 - 2) 7 d以上不加电（设备中无存储星历和历书）。
- b) 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次能稳定输出同时满足7.1.1和7.1.2要求的定位数据的时刻，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。

8.5.1.5 捕获灵敏度

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度 ≤ 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2 dB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，若能在300 s内捕获导航信号，并以1 Hz的更新率连续10次输出稳定的定位数据，则记录该电平值。

8.5.1.6 跟踪灵敏度

用模拟器进行测试，设置模拟器仿真速度 ≤ 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，找出能使北斗导航单元满足该定位要求的最低电平值。

8.5.2 倾斜稳定性

测试在满载、静态状态下进行。将无人配送车左右(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。

8.5.3 制动距离

应按照GB/T 21268—2014中6.7的规定进行。

8.5.4 淋水

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规定的喷头淋水设备,向无人配送车顶部及两侧喷淋洒水,持续时间为15 min。试验后,检查厢体内有无水迹并测试车辆的运行状态,检查车辆北斗导航单元等电器部件以及车辆各功能和性能是否存在异常,如有其中一项异常,则判定该测试项目不通过。

8.5.5 涉水

在水深100 mm的环境中,以15 km/h速度满载通过长度100 m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,10 min内电器部件无短路、起火等现象。涉水后,检查被测车辆是否能正常行驶,以及是否有灯具、喇叭、北斗导航单元等电器部件无法工作,发光发声功能失效、车厢内地板渗漏等异常,如有其中一项异常,则判定该测试项目不通过。

注:水深指从测试路面到水面的垂直距离。

8.5.6 远程协助

远程协助性能测试方法如下:

- a) 记录同一帧画面从无人配送车摄像头到平台显示的时间差和同一控制指令从平台到车端的时间差,将时间差与7.6要求的时延进行对比;
- b) 模拟事故或失效状态,手动记录事故或失效状态事件发生的时间,从平台查询本次事件发生的记录视频片段、北斗定位信息和底盘日志数据,记录上述数据记录的时间与手动记录事故或失效状态事件发生的时间差是否不小于90 s;
- c) 在事件发生3 d后,观察是否能在平台查询到本次事件的视频数据和底盘日志数据;
- d) 如时延、时间差符合7.6的要求,且平台能正常查询到3 d前时间发生的视频和底盘日志数据,则判定该测试项目通过,否则不通过。

8.5.7 阻燃

阻燃性能应按照GB/T 5169.11规定的方法,对北斗导航单元外壳、电池组盒壳体、电源线接插器、大灯接插器、电源锁接插器等部件进行测试,如有其中一项异常,则判定该测试项目不通过。

8.5.8 绝缘电阻

用500 V兆欧表进行测量,断开蓄电池电路,将兆欧表“L”端连接无人配送车线路的正极或负极,“E”端依次接车厢、电动机的外壳、北斗导航单元外壳,观察车辆是否达到要求的绝缘值,如能达到,则判定该测试项目通过,否则不通过。

附 录 A
(资料性)
定位精度的数据处理方法

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 2σ 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：

ΔE_i 、 ΔN_i 、 ΔU_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：

ΔE 、 ΔN 、 ΔU ——平均定位偏差的 E、N、U 方向分量，单位为米（m）；

ΔH ——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] BD 410002A-2022 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（一）
 - [2] BD 410003A-2022 北斗/全球卫星导航系统（GNSS）接收机差分数据格式（二）
 - [3] 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
-