ICS 43.020
CCS T40

T/ZJSAE

团　　体　　标　　准

T/ZJSAE 025—2025

无人快递车可靠性场地试验方法及要求

Reliability Running Field Test Methods For Posting And Delivery Autonomous Vehicle

2025 - 12- 22 发布　　2026 - 01- 22 实施

浙江省汽车工程学会　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 试验条件 2
5 试验步骤 3
6 试验数据处理 6
7 试验报告 8
附录 A(资料性) 无人快递车接近角和离去角示意图 10
附录 B(规范性) 无人快递车统一标识要求 11
附录 C(资料性) 无人快递车最小转弯半径要求 12
附录 D(资料性) 试验场地强化坏路试验规范 13
附录 E(资料性) 无人快递车可靠性试验里程分配和配载（无用户关联数据） 14
附录 F(资料性) 用户关联加速可靠性行驶试验规范设计 15
附录 G(资料性) 无人快递车作业功能操作检查项目表 17
附录 H(资料性) 无人快递车作业功能故障分级表 18
附录 I(资料性) 无人快递车可靠性行驶试验记录 19
附录 J(资料性) 无人快递车故障统计和可靠性统计 21
附录 K(资料性) 系数 K 的选择表 22

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。

本文件由浙江省汽车工程学会提出。

本文件负责起草单位：浙江大学。

本文件参加起草单位：安徽邮谷快递智能科技有限公司、台州职业技术学院、浙江长江汽车电子有限公司、杭州吉利汽车有限公司、杭州职业技术大学、杭州云栖智能汽车创新中心、红骐科技（杭州）有限公司、浙江亚太智能网联汽车创新中心有限公司、浙江宇球科技有限公司、杭州恒领科技有限公司、杭州世宝汽车方向机有限公司、杭州集普科技有限公司、丽水农林技师学院、浙江省质量科学研究院、中国质量认证中心有限公司杭州分公司、浙江天行健智能科技有限公司。

本文件主要起草人：俞小莉、方怡乐、黄瑞、杨爱喜、程超然、刘畅、徐鹏、张辉、张立新、龚玉梅、黄庆达、葛学礼、诸虹宇、戴宇露、黄瑞钦、翁微妮、徐富贵、章林、陈敬玉、郭平、虞忠潮、邹理炎、杨建、潘烨、骆燕、潘红枫、刘宏焕、周英、郭在云、凌娜、丁娟。

无人快递车可靠性场地试验方法及要求

1 范围

本文件规定了无人快递车行驶可靠性试验与作业可靠性试验的试验条件、试验步骤、试验数据处理方法和试验报告。

本文件适用于在封闭区域和城市道路内运营的无人快递车设计、开发、生产、检测、验收和使用等。

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 12534	汽车道路试验方法通则
GB/T 12673	汽车主要尺寸测量方法
GB/T 12674	汽车质量（重量）参数测定方法
GB/T 12678	汽车可靠性行驶试验方法
GB/T 24295—2021	智能信包箱
GB/T 50180	城市居住区规划设计标准
GB 39732—2020	汽车事件数据记录系统
YZ/T 0182	寄递无人车技术要求
QC/T 900	汽车整车产品质量检验评定方法
CJJ 36—2016	城镇道路养护技术规范
T/ZJSAE024	无人快递车 自动驾驶及寄递功能场地试验方法及要求

3 术语和定义

T/ZJSAE024界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

可靠性试验过程 reliability testing process

无人快递车自第一个试验项目开始至完成全部设定的试验项目的过程，整个可靠性试验分为可靠性行驶试验与作业功能操作检查两大部分。在整个过程中，同时对无人快递车的硬件、无人驾驶系统、作业功能装置的可靠性进行试验。

3.2

无人快递车可靠性 autonomous express delivery vehicle reliability

无人快递车在规定的条件和规定的时间内，完成规定功能的能力。

3.3

加速可靠性行驶试验 accelerated reliability durability test

是在试验场道路上进行具有一定加速系数的可靠性试验。

注：加速系数指在累计损伤一致的情况下，实际无人快递车道路行驶里程与试验场试验里程的比值。

3.4

故障 failure
无人快递车部分或完全丧失工作能力的现象。

3.5

维修 maintenance and repair
对无人快递车进行维护和修理。

3.6

维护/保养 maintenance
为维持无人快递车完好技术状况或工作能力而进行的作业。

3.7

修理 repair
为恢复无人快递车完好技术状况（或工作能力）而进行的作业。

3.8

当量故障数 equivalent failure number
按故障类别以一定系数折算成一般故障的数目。

3.9

用户关联 customer usage correlation
将目标用户的使用载荷在试验场或试验台架进行复现。

3.10

寄递模拟 Delivery simulation
模拟无人快递车执行寄递任务的全过程，包括定点停车、发出提示音、开启全部箱门、等待、关闭全部箱门、起步离开。

4 试验条件

4.1 试验环境

可靠性行驶试验应选择多种气象条件进行试验，在特殊地区使用的无人快递车或特殊用途的无人快递车应在相应的条件下（如高寒地区、高原地区、高温干热及高温湿热地区等）进行。

4.2 试验场地

试验场地应满足以下条件：

a) 试验场地应具有风险评估、风险预案处理和试验监管功能；
b) 试验场地行驶试验道路由“城市道路、社区道路、强化坏路”组成。
c) 强化坏路：依照 GB/T 12678 要求，强化坏路包括石块路、卵石路、鱼鳞坑路、搓板路、扭曲路、凸块路、沙槽、水池、盐水池、坡道、沙土路等。
d) 城市道路：依照 CJJ 36—2016 4.5.2“路面行驶质量和人行道平整度评价要求”，为大、中城市交通干线街道，路面平整度为 C 级以上；
e) 社区道路：依照 GB/T 50180 的规定，应具备连续的非机动车道以及连续的步行道路，并设置多个快递投放点；
f) 对于有特殊作业需求的无人快递车（如高寒地区、高原地区、高温干热及高温湿热地区等），需额外增加“无路地段”可靠性试验，其中无路地段包括隧道、雨淋区域、极端温度区域、沙路、草地、泥泞路、灌木丛、冰雪地以及水滩等；
g) 试验场地内各区域之间应能够互联互通；

h) 试验场地与外界应采用物理隔离，出入口需设有卡口设施，并结合安保措施对试验场地进行充分保障，不允许无关人员车辆随意进入；应按人车分离的原则布置隔离、导流等设施，合理组织人流、车流以确保安全；
i) 试验场地应具备无人快递车自动驾驶模式正常激活设施条件。

4.3 试验车辆

4.3.1 基本要求

无人快递车的使用环境要求、尺寸要求、整车质量要求、主要部件要求、配置要求等均应符合 YZ/T 0182—2022 规定，装载的智能货箱应符合 GB/T 24295—2021 10.3“设备安全中安全要求”的规定。

4.3.2 车辆数量

同一款无人快递车，试验车辆数量应不少于 3 辆。

4.3.3 续驶里程

无人快递车在充满电后，应满足以下要求：
a） 在常规可靠性试验道路行驶，最大装载续驶里程应不小于 80km；
b） 在加速可靠性试验道路行驶，最大装载续驶里程应不小于 60km。

4.3.4 试验配载

在无特殊要求情况下，无人快递车在可靠性试验时应严格按照最大装载质量加载载荷，若有特殊要求，可按照相应大纲要求的加载量加载。应按照 GB/T 12534 确定的方法进行装载，装载质量应注意均匀分布，装载物应固定牢靠，试验过程中加载物不得晃动和颠离，不应因潮湿、散失等条件变化而改变其质量，以保证装载质量的大小、分布不变。

4.3.5 接近角和离去角

无人快递车的接近角和离去角均应不小于 18°，示意图见附录 A。

4.3.6 标识

无人快递车厢体两侧应有统一标识，统一标识包括“无人快递试验车”字样、车辆编码和客服电话。如有必要，可以在厢体上标注企业标识。标识的组成、颜色和字体见附录 B。

4.3.7 数据安全

无人快递车的重要数据信息应具备传输和存储的完整性及保密性、车端数据备份恢复性、云端数据备份恢复性，车端数据的存储介质要求应符合 GB 39732-2020 4.3.1 存储介质要求的规定。

注：重要数据信息包括时间、位置、朝向、驻车、速度、挡位、油门、制动、转角、电池、行驶模式和故障等。

5 试验步骤

5.1 试验规范

5.1.1 无人快递车参数测量及调整

无人快递车在进入试验场地前应完成检测，以保证满足试验条件。

5.1.1.1 尺寸参数测量

无人快递车外形尺寸采用测距仪测量。

5.1.1.2 质量参数测量

无人快递车空载时，放置在称重设备上，按照 GB/T 12674 确定的方法进行整车质量参数测量，结

果应符合设计要求；无人快递车配载完成后，放置在称重设备上，按照 GB/T 12674 确定的方法进行整车质量参数测量，结果应符合 4.3.1 要求。

5.1.1.3 车轮定位参数测量及调整

按照制造商车轮定位规范进行车轮定位参数测量及调整。

5.1.1.4 通过性参数测量

按照 GB/T 12673 确定的方法进行无人快递车接近角、离去角、纵向通过角以及最小离地间隙等通过性参数测量，结果应满足试验条件。

5.1.1.5 关键力矩测量及调整

根据无人快递车的使用说明书或设计规范要求，测量并调整关键部位紧固件力矩，确认紧固件力矩后，应对紧固件位置进行标记。

5.1.2 试验过程注意事项

a) 在无人快递车进入试验场地前，需充满电并完成全面检测，确认无人快递车无故障并满足试验要求后，由试验人员确认签字后方可进入试验场进行试验；
b) 在无人快递车试验过程中，需要保证能够实时获取无人快递车的状态信息、底盘日志数据以及视频数据；
c) 在无人快递车进行可靠性行驶试验前，必须确保其已经通过了无人快递车功能试验；
d) 在无人快递车试验过程中，需严格按照道路指示标志行驶；
e) 无人快递车在试验场地进行试验时，需全程开启前照灯和后位灯；
f) 在无人快递车试验过程中，应按照试验场加速可靠性行驶速度要求行驶，详见附录 D；
g) 在每次试验行驶结束后，需在指定地点倒车行驶 20m。

5.2 整车性能试验

在无人快递车进行可靠性行驶试验前后，应进行整车动力性、经济性、制动性能、稳定性和密封性等项目评价，用于评定整车性能的衰减程度。可靠性行驶试验前后性能试验的试验条件、试验方法应一致。性能评价前，无人快递试验车可根据制造商规定进行磨合。

5.3 可靠性行驶试验

5.3.1 加速可靠性行驶试验

无人快递车在试验场内进行可靠性行驶试验，整个试验过程中，无人快递车不仅需要通过无障碍、无交互的道路，更需要完成城市模拟道路、模拟社区道路路段。整个行驶试验过程同步完成了无人快递车硬件可靠性试验、自动驾驶系统可靠性试验及寄递作业可靠性试验。

5.3.1.1 试验里程分配

根据无人快递车设计目标与拟投放作业区域进行用户调查，采用用户关联的方式确定试验车辆在城市道路、社区道路、强化坏路上的行驶里程分配比例（见附录 F），在无特殊情况下，按照强化坏路、社区道路、城市道路的顺序进行。

5.3.1.2 试验行驶过程

无人快递车可靠性行驶试验应按试验里程分配进行循环试验，并按照以下试验步骤进行操作：

a) 车速：在无特殊要求的情况下，应按照最高限速行驶；
b) 加速：在城市道路场地中，应不断重复由静止状态以最大加速度加速行驶的动作，每次加速到最高速持续 10s 后制动直至静止；
c) 制动：在城市道路场地中，应不断重复由最高速状态制动直至静止的动作，每次静止后按加速要求进行加速试验；
d) 倒车：在强化坏路与社区道路场地中，应选择时机进行倒车，保证试验能够满足倒车工况里程要求；

e) 寄递模拟：在强化环路与社区道路场地中，每行驶 100m，至少完成 1 次寄递模拟；
f) 坡道停车/起步：在强化坏路与社区道路场地中，每遇到一个坡道，均需完成 1 次上坡停车和起步，停车后需完成 1 次寄递模拟；
g) 夜间行驶里程比例应不少于试验总行驶里程的 10%。

5.3.2 作业功能操作检查

每完成一轮可靠性行驶试验，均需完成一次作业功能操作检查（见附录 G），按制造商提供的说明书进行操作，保证无人快递车能够正常完成寄递作业。

5.4 故障的发现、判断和处理

5.4.1 通则

故障一般凭感官判断，对于不易判断的故障，也可通过其他辅助手段（如标记、无损检测等）确定。

5.4.2 故障发现

在整个试验过程中，故障发现的途径包括：
a) 接车检查：按照 5.3.2 进行作业功能操作检查；
b) 停车检查：应定期开展停车检查，主要检查各部位的松脱、渗漏、损坏等；
c) 行驶中检查：应通过云端同步的数据实时注意无人快递车的工作状况，如有异常，需人为介入，远程接管无人快递车，并进行停车排查；
d) 定期保养检查：在保养作业中，除按规定逐项保养外，还要注意检查有无异常现象，如零部件的磨损、裂纹、变形等；
e) 性能试验；
f) 拆车检查，可靠性试验完成后，视情况参照 BG/T 12678 对无人快递车进行拆检。

5.4.3 故障判断

无人快递车的硬件部分出现故障则按照 QC/T 900 描述的方法进行故障分级判断。故障共分为致命、严重、一般、轻微四级，其中若无人驾驶系统出现故障则视为致命故障，作业功能故障分级则见附录 H。

5.4.4 故障处理

5.4.4.1 故障不影响行驶

如果监测中发现无人快递车工作状况异常，需根据数据进行判断，如发生的故障不影响行驶安全及基本功能，则继续试验观察，直至需要修理时为止，故障级别按最严重时计，里程按照发生最严重故障时的里程进行记录。

5.4.4.2 故障影响行驶

如果能够直接确定发生的故障会影响行驶安全及基本功能，则立刻人为介入，远程接管控制停车，并前往现场进行检查维修，及时排除故障。

5.5 维修

5.5.1 维护

a) 维护包括紧固、调整、润滑、清洗及更换易损件等；
b) 维护费包括材料费、设备费及工时费等。
c) 进行维护时，如发现非维护项目出现故障，应按 5.4 规定的程序处理，按照 5.6.4 的规定进行故障记录。

5.5.2 修理

a) 修理范围仅限于与故障有直接关系部分；
b) 根据具体情况，采取最快、最经济的修理方法，包括更换零部件，但所更换的零部件应是同一规格型号；

c) 修理时间包括故障诊断时间、准备时间、实际修理时间、调试及清理场地时间；
d) 修理费用包括材料费、设备费、工时费和其他费用。

5.6 可靠性行驶试验记录

5.6.1 通则

试验过程中和试验结束后，应进行汽车可靠性行驶试验记录、统计，相关记录表见附录 I。

5.6.2 接车记录

接车时，应记录无人快递车行驶信息并填写故障记录表（见表 I.1）。

5.6.3 行驶记录

试验过程中应保存试验数据，实验数据储存应满足 YZ/T 0182—2022 规定，并记录无人快递车的行驶信息，填写行驶记录表（见表 I.2）。

5.6.4 故障记录

试验过程中，发生故障后，应填写无人快递车故障、修理和保养记录，记录内容包含：
a) 总成名称：发生故障的零部件所属的上一级总成；
b) 故障里程：发现故障时里程表读数和抽样时里程表读数之差乘以里程表校正系数；

注： 抽样时里程表读数指样本抽取时车辆的里程表读数，如果为制造商送样，则为试验人员接样时车辆的里程表读数。

c) 故障描述：用简单而明确的语言叙述故障现象及出现故障时的工况，凡可能定量描写的均要写出具体数值，必要时还应画出示意图或拍照、标明故障位置形状及尺寸等；
d) 故障原因分析：通过对故障现象的观察分析、尺寸测量等，确定产生故障的原因。故障原因包括车辆因素和人为因素，车辆因素还可以进一步分为设计问题、质量问题和生产问题等；
e) 故障后果：停车、性能下降、造成交通事故等；
f) 处理措施：具体故障修理方式；
g) 故障停车时间：包括等候时间、诊断时间、故障维修时间、调试时间等。

5.6.5 维修记录

试验过程中，进行无人快递车维修时，应填写记录无人快递车信息以及维修记录表（见表 I.3）。

5.6.6 更换记录

无人快递车因修理、保养或其他原因需要更换零部件或更新软件的，应在行驶记录中明确并注明零部件或软件的版本号。

5.6.7 拆检记录

a) 无人快递车试验过程中和结束后，为检查各总成内部结构的磨损及其他异常现象，应按相应试验规程的规定对主要总成（如车身、车载能源、驱动电机、传感器、控制器等）进行部分或全部拆检并进行记录；
b) 拆检具体项目内容和操作应按照制造商提供的产品维修手册的规定进行；
c) 拆检中发现的故障，应计入指标统计，拆检时间计入修理时间。

6 试验数据处理

6.1 试验统计

试验结束后，应进行故障统计和可靠性统计，相关记录表见附录 J。

6.2 故障统计

a) 无人快递车故障按单车进行记录，依据发现故障的里程顺序填写故障统计表（见表 J. 1）。

b) 同一里程不同零部件发生故障应分别统计。同一零部件出现不同模式故障也应分别统计；如果同一个零部件发生几处模式相同的故障，则只统计 1 次，故障类别按最严重的统计。

c) 可靠性试验前，检查发现的故障不计入统计。

6.3 可靠性统计

6.3.1 评价指标

根据评价指标计算需要，按单车分别统计各类故障频次、首次故障里程、当量故障数、实际行驶里程、试验平均车速、故障修理时间、维护时间、故障修理费用和维护费用（见表J.2）。

6.3.2 评价指标计算

6.3.2.1 当量故障数

当量故障数按式（1）计算：

$$r_D = \sum_{i-1}^{4} \varepsilon_i r_i \tag{1}$$

式中：

r_D ——当量故障数；

ε_i ——第 i 类故障系数，其值分别为 $\varepsilon_1 = 100$ ， $\varepsilon_2 = 10$ ， $\varepsilon_1 = 1$ ， $\varepsilon_1 = 0.2$ ；

r_i ——第 i 类故障数。

6.3.2.2 平均首次故障里程

平均首次故障里程按式（2）计算，无故障行驶总里程按式（3）计算：

$$\widehat{\mathrm{MTTFF}} = \frac{S'}{n} \tag{2}$$

$$S' = \sum_{j=1}^{n'} S'_j + (n - n')S_e \tag{3}$$

式中：

$\widehat{\mathrm{MTTFF}}$ ——平均首次故障里程点估计值，单位为千米（km）；

n' ——发生首次故障车辆数；

S' ——无故障行驶总里程，单位为千米（km）；

S'_j ——第j辆车首次故障里程，只统计第 1、2、3 类故障，单位为千米（km）；

n ——试验车辆数；

S_e ——定时截尾里程，单位为千米（km）。

6.3.2.3 平均故障间隔里程

平均故障间隔里程点估计值按式（4）计算，总试验里程按式（5）计算，平均故障间隔里程置信下限值按式（6）计算：

$$\widehat{\mathrm{MTBF}} = \frac{S}{r} \tag{4}$$

$$S = \sum_{j=1}^{k} S_j + (n - k)S_e \tag{5}$$

$$(MTBF)_L = \frac{2S}{\chi^2\left[2(r+1), a\right]} \tag{6}$$

式中：

$\widehat{\mathrm{MTBF}}$－平均故障间隔里程点估计值，单位为千米（km）；

S——总试验里程，单位为千米（km）；

r——总试验里程内发生的 1、2、3 类故障总数；

S_j——第j辆车中止试验里程，单位为千米（km）；

n——试验车辆数；

k——中止试验车辆数；

S_e——定时截尾里程，单位为千米（km）；

$(\mathrm{MTBF})_{\mathrm{L}}$——平均故障间隔里程置信下限值，单位为千米（km）；

$\chi^2[2(x+1),a]$——自由度为$2(r+1)$，置信水平为a的χ^2分布值；α建议取 0.1 或 0.3。

平均故障间隔里程置信下限值也可按式（7）进行计算（定时截尾置信下限时，应乘的系数K见附录K）：

$$\left(MTBF\right)_L = K \cdot \widehat{\mathrm{MTBF}} \tag{7}$$

式中：

$(\mathrm{MTBF})_{\mathrm{L}}$——平均故障间隔里程置信下限值，单位为千米（km）；

$\widehat{\mathrm{MTBF}}$——平均故障间隔里程点估计值，单位为千米（km）；

K——定时截尾求置信下限时，应乘的系数。

6.3.2.4 当量故障率

当量故障率按式（8）计算：

$$\lambda_D = 1000 \times \frac{\sum_{j=1}^{n} r_{Dj}}{S} \tag{8}$$

式中：

λ_D——当量故障率，单位为次每千公里（次/1000km）；

r_{Dj}——第j辆车当量故障数；

S——总试验里程，单位为千米（km）；

6.3.2.5 千公里维修时间

千公里维修时间按式（9）计算：

$$T_{\mathrm{m}} = 1000 \times \frac{T_{\mathrm{Rm}} + T_{\mathrm{Pm}}}{S} \tag{9}$$

式中：

T_{m}——千公里维修时间，单位为小时每千公里（h/1000km）；

T_{Rm}——总试验里程内修理时间总和，单位为小时（h）；

T_{Pm}——总试验里程内维护时间总和，单位为小时（h）；

S——总试验里程，单位为千米（km）。

6.3.2.6 千公里维修费用

千公里维修费用按式（10）计算：

$$M_e = 1000 \times \frac{C}{S} \tag{10}$$

式中：

M_e——千公里维修费，单位为元每千公里（元/1000km）；

C——总试验里程内维修费，包括维修费用和维护费用，单位为元；

S——总试验里程，单位为千米（km）。

7 试验报告

试验报告应用文字和图表简明地编写，宜按以下顺序和内容：

a) 试验依据；
b) 试验目的；
c) 试验对象（写明抽样方法、地点及抽样基数，列表说明试验无人快递车的型号、生产单位、出厂日期、初驶里程、合格证号及编号等）；
d) 试验条件（包括无人快递车检测情况、载荷选择、道路状况、气象等条件及里程分配等）；
e) 试验设备、仪器；
f) 试验日期及程序；
g) 试验结果（包括行驶试验统计、故障统计、可靠性评价指标计算结果、拆检结果等）；
h) 可靠性试验结果分析；
i) 结论与建议；

附 录 A

（资料性）

无人快递车接近角和离去角示意图

无人快递车接近角和离去角如图 A. 1 所示。

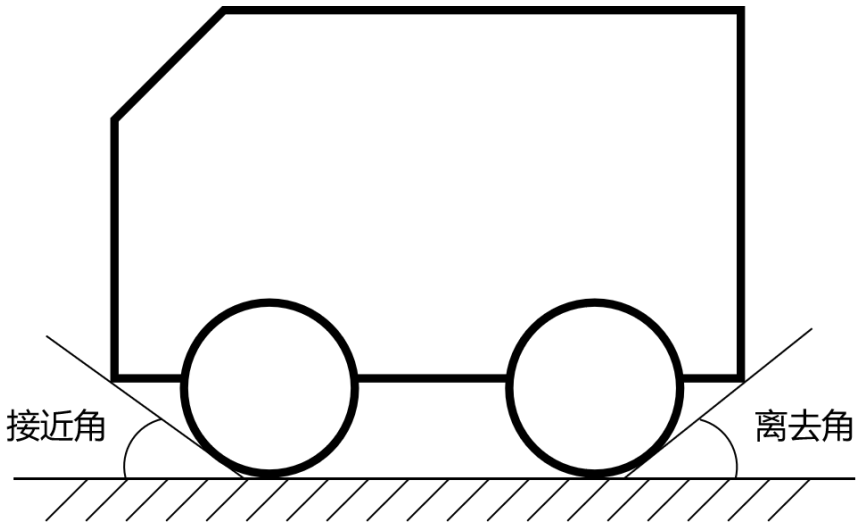

图 A.1 无人快递车接近角和离去角示意图

附 录 B

（规范性）

无人快递车统一标识要求

B.1 标识组成

无人快递车统一标识由“无人快递车”字符、车辆编码和客服电话组成。

B.2 标识颜色

无人快递车统一标识应采用与车辆外表颜色形成鲜明对比且可直观看到标识内容的颜色。

B.3 标识字体

“无人快递车”字体采用黑体字，字体高度为 116mm，单个字体宽度为 92mm；无人快递车车辆编号和客服电话字体采用黑体字，字体高度为 45mm，单个字体宽度为 40mm。统一标识的尺寸长度为 460mm，高度为 240mm，允许误差 3mm。寄递无人车统一标识如图 B. 1 所示。

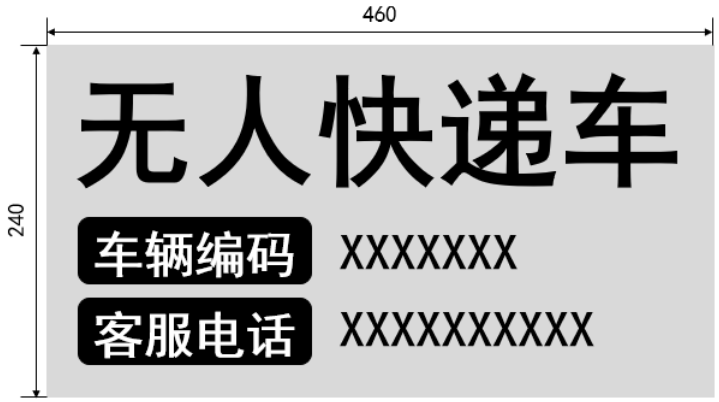

图 B. 1 无人快递车统一标识

附 录 C

（规范性）

无人快递车最小转弯半径要求

不同无人快递车的最小转弯半径要求如表 C. 1 所示。

表 C. 1 无人快递车最小转弯半径要求

类别	说明	最小转弯半径
大型	无人快递车的最大总质量大于1600kg 无人快递车长度大于4m	≤9m
中型	无人快递车最大总质量大于700kg且小于1600kg 无人快递车长度大于2m且小于4m	≤5m
小型	无人快递车最大总质量小于700kg 无人快递车长度小于2m	≤3m

附 录 D

（规范性）

试验场地强化坏路试验规范

该强化坏路试验规范可根据具体试验项目、目的以及试验场具体情况做适当调整，试验车速可调整±3km/h。（见表 D. 1）

表 D. 1 强化坏路试验规范（示例）

试验过程	操作要求	试验车速（km/h）
起步	加速	0~25
上坡起步	加速	0~10
上 16%坡	轻微制动	15~10
驻 16%坡	制动	15~0
凸块路	控制速度	15~20
扭曲路	匀速	10
石板路	匀速	20
条石路	匀速	20
比利时路	匀速	12
卵石路	控制车速	15~20
鱼鳞坑	控制车速	15~20
砂土路	匀速	15
搓板路	控制车速	15~20
波形路	匀速	15
沟渠路	控制车速	15~20
沙槽	匀速	15
破损混凝土	控制车速	15~20
泥浆池	匀速	8
水池	匀速	8
盐水池	匀速	8
转向检查区	轻微制动	20~15
住宅入口区（非铺装路面上坡）	轻微制动	15~10

附 录 E

（资料性）

无人快递车可靠性试验里程分配和配载（无用户关联数据）

当无用户关联数据时，无人快递车可靠性试验里程分配和配载可参考表 E. 1。

表 E. 1 不同种类无人快递车行驶里程分配比例和配载参考（无用户关联数据）

	路面类型比例			配载比例		
	城市道路	社区道路	强化坏路	空载	半载	满载
小型无人车	20%	60%	20%	20%	30%	50%
中型无人车	30%	50%	20%	20%	30%	50%
大型无人车	40%	40%	20%	20%	30%	50%
社区专用无人车	-	70%	30%	20%	40%	40%
特殊地区无人车	20%	20%	60%	20%	20%	60%
注：以上比例仅供参考，检测机构或制造商可自行调整						

附 录 F

（资料性）

用户关联加速可靠性行驶试验规范设计

F.1 用户关联加速可靠性行驶试验目的意义

应用疲劳损伤、摩擦损耗等理论，通过进行典型用户关联研究，指定代表百分位值 90 以上目标车型典型用户使用工况的试验场可靠性试验方案，使在设计开发阶段能够得到与典型用户相对一致的行驶工况，避免出现“过设计”和“设计不足”的情况，提高设计开发效率，缩短设计开发周期，降低设计开发成本。

F.2 用户关联加速可靠性行驶试验规范设计流程

根据用户关联进行加速可靠性行驶试验规范设计，一般包含以下内容：

a) 根据设计开发目标，确定车型的目标里程；
b) 识别整车可靠性影响因素，通过用户调查、用户数据采集等形式，获取道路类型及其里程占比、配载情况等用户特征信息；
c) 根据用户关联特征，进行实际社会道路载荷谱数据采集并确定基准载荷；
d) 进行试验场道路载荷谱数据采集，用于试验场特征道路、车速、配载及驾驶操作的编辑、组合和优化；
e) 据试验场实际情况，进行试验场道路行驶试验规范设计。

F.3 示例

某无人快递车在某试验场加速可靠性试验里程和工况分配示例见表 F. 1，在某强化坏路场地试验工况分配示例见表 F. 2。

表 F. 1 试验场加速可靠性试验里程和工况分配（示例）

工况	试验设施	总里程（km）	比例
工况 1	强化坏路	1200	37.27%
工况 2	倒车工况	20	0.62%
工况 3	城市道路	800	24.84%
工况 4	社区道路	1200	37.27%

表 F. 2 试验场强化坏路试验工况分配（示例）

工况	试验设施	循环次数
工况 1	卵石路	1000
工况 2	搓板路	600
工况 3	条石路	600
工况 4	鱼鳞坑	600
工况 5	石板路	600
工况 6	砂土路	600
工况 7	沟渠路	600
工况 8	扭曲路	1000

表 F. 1 试验场强化坏路试验工况分配（示例）（续）

工况 9	16%坡	200
工况 10	沙槽	250
工况 11	路缘石冲击	100
工况 12	破损混凝土	500
工况 13	住宅入口区（非铺装路面上坡）	200
工况 14	盐水池	5
工况 15	泥浆池	5
工况 16	转向检查区	800
工况 17	货厢冲击	200
工况 18	淋雨试验	500

附 录 G

（资料性）

无人快递车作业功能操作检查项目表

表 G. 1 给出了无人快递车作业功能操作检查项目。

表 G. 1 无人快递车作业功能操作检查项目表

序号	操作项目	操作方法	操作频次	备注
1	货厢操作机构			
2	货厢门盖开关			
3	货厢门			
4	灯光			
5	提示音装置			
6	无人快递车交互屏			
7	货物管理系统			

附 录 H

（资料性）

无人快递车作业功能故障分级表

表 H. 1 无人快递车作业功能故障分级表

序号	零部件名称	情况说明	故障类别
1	货厢操作机构	货厢操作机构无法工作	致命
2	货厢操作机构	货厢摆放位置出现较大误差，原因不明	严重
3	货厢操作机构	货厢摆放位置出现较大误差，更换零部件后正常工作	一般
4	货厢门盖开关	按压货厢门盖开关后，货厢门无法开启，且非货厢门形变原因	严重
5	货厢门	货厢门盖开关正常，货厢门因形变而无法开启	严重
6	货厢灯组	夜晚开启货厢门后灯光无法正常亮起	一般
7	货厢灯组	白天开启货厢门后灯光异常亮起	轻微
8	货厢灯组	夜晚关闭货厢门后灯光异常亮起	轻微
9	提示音装置	提示音装置损坏无法发出声音	一般
10	提示音装置	无法根据取件需求发出正确的提示音	一般
11	无人快递车交互屏	交互屏损坏无法启动	严重
12	无人快递车交互屏	交互屏能够显示信息但无法实现交互	一般
13	货物管理系统	货物管理系统无法根据用户信息匹配货物 并打开货厢门，并且不可查询	致命
14	货物管理系统	货物管理系统无法根据用户信息匹配货物 并打开货厢门，但仍能够查询并记录货物信息	严重

附 录 I

（资料性）

无人快递车可靠性行驶试验记录

I.1 接车记录

车辆型号：_____ 生产厂家：_____

出厂日期：_____ 车辆编号：_____

整备质量：_____ 最大装载质量：_____

动力电池额定能量：_____ 点击峰值功率：_____

抽样基数：_____ 抽样数量：_____

接车日期：_____ 接车地点：_____

里程表读数（km）：_____ 试验车辆编码：_____

表 I. 1 给出了接车故障记录表。

表 I. 1 接车故障记录表

序号	故障记录	处理结果

I.2 行驶记录

车辆型号：_____ 车辆编号：_____

记录日期：_____ 路面状况：_____

气象条件：_____ 气温（℃）：_____

试验载荷：_____ 里程表读数（km）：_____

试验平均车速：_____ 实际行驶里程（km）：_____

平均电耗（kWh/100km）：_____ 充电量（kWh）：_____

故障停车时间（h）：_____ 总行驶时间（h）：_____

其他停车原因：_____ 其他停车时间（h）：_____

表 I. 2 给出了接车故障记录表。

表 I. 2 行驶记录表

地点	里程表读数	停车时间 时：分	开车时间 时：分	行驶时间 （min）	停车原因	备注
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			
		:	:			

		:	:			
小计						

I.3 维修记录

零部件名称：_____ 总成名称：_____

记录日期：_____ 里程表读数：_____

故障编号：_____ 故障级别：_____

故障描述：_____ 故障原因：_____

故障后果：_____ 处理措施：_____

维修项目 1：_____

开始时间：_____ 完成时间：_____

维修项目 2：_____

开始时间：_____ 完成时间：_____

等候时间（h）：_____ 诊断时间（h）：_____

修理时间（h）：_____ 调试时间（h）：_____

材料费（元）：_____ 设备费（元）：_____

工时费（元）：_____ 其他费用（元）：_____

车辆编号：_____ 软件版本号：_____

参与人员：_____ 记录人员：_____

表 I. 3 给出了维修记录表。

表 I. 3 维修记录表

序号	作业内容	材料费/元		设备费/元		工时费/元	
		名称	费用	名称	费用	名称	费用
1							
2							
3							
…							
合计							

附 录 J

（资料性）

无人快递车故障统计和可靠性统计

表 J. 1 给出了可靠性行驶试验后故障统计的项目和内容。

表 J. 1 故障统计表

试验车辆编号：　　总里程：　　参加人员：

序号	总成	零部件	故障级别	故障模式	次数	故障里程	备注

表 J. 2 给出了可靠性行驶试验后可靠性评价指标统计项目。

表 J. 2 可靠性统计表

项目			车辆编号 1	车辆编号 2	车辆编号 3	车辆编号 4
故障类别	1	次数				
		首次故障里程（km）				
	2	次数				
		首次故障里程（km）				
	3	次数				
		首次故障里程（km）				
	4	次数				
		首次故障里程（km）				
当量故障数						
实际行驶里程（km）						
试验平均车速（km/h）						
故障修理时间（h）						
维护时间（h）						
故障维修费用（元）						
维护费用（元）						

附 录 K

（资料性）

系数 K 的选择表

表 K. 1 给出了定时截尾求置信下限时，应乘的系数K。

表 K. 1 系数K的选择表

故障数	置信度（单侧）			
	70%	80%	90%	95%
1	0.410	0.334	0.257	0.211
2	0.553	0.467	0.376	0.318
3	0.630	0.544	0.449	0.387
4	0.679	0.595	0.500	0.437
5	0.714	0.632	0.539	0.476
6	0.740	0.661	0.570	0.507
7	0.760	0.684	0.595	0.532
8	0.777	0.703	0.616	0.554
9	0.790	0.719	0.634	0.573
10	0.802	0.733	0.649	0.590
11	0.812	0.744	0.663	0.604
12	0.821	0.755	0.675	0.617
13	0.828	0.764	0.686	0.629
14	0.835	0.772	0.696	0.640
15	0.841	0.780	0.704	0.649
16	0.847	0.787	0.713	0.658
17	0.852	0.793	0.720	0.667
18	0.856	0.799	0.727	0.674
19	0.860	0.804	0.734	0.682
20	0.864	0.809	0.740	0.688
21	0.868	0.813	0.745	0.694
22	0.871	0.818	0.750	0.700
23	0.874	0.822	0.755	0.706
24	0.877	0.825	0.760	0.711
25	0.880	0.829	0.764	0.716
30	0.891	0.844	0.783	0.737
40	0.907	0.865	0.810	0.768
50	0.918	0.879	0.829	0.790
60	0.925	0.889	0.843	0.807
70	0.931	0.898	0.854	0.820
80	0.936	0.904	0.863	0.830
90	0.940	0.910	0.870	0.839
100	0.943	0.915	0.877	0.847

表 J. 1 系数K的选择表（续）

故障数	置信度（单侧）			
	70%	80%	90%	95%
200	0.961	0.940	0.912	0.889
500	0.976	0.962	0.944	0.929

浙江省汽车工程学会

团体标准

无人快递车可靠性场地试验方法及要求

T/ZJSAE　025—2025

※

浙江省汽车工程学会标准技术工作委员会编印

杭州市浙大路 38 号 浙江大学动力机械及车辆工程研究所

电话：0571-87951636

网址：https://www.zjsae.org.cn/

邮箱：zjsae@zju.edu.cn

版权专有　侵权必究