

T/CPPC

中国生产力促进中心协会团体标准

T/CPPC XXXX—2025

寒区环境下自动驾驶货运车辆通用 技术规范

General Technical Specification for Autonomous Freight Vehicles in Cold Regions

(征求意见稿)

2025 - XX - XX 发布

2025 - XX - XX 实施

中国生产力促进中心协会 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 技术要求 | 2 |
| 4.1 低温启动性能 | 2 |
| 4.2 续航衰减控制 | 2 |
| 4.3 感知失效冗余 | 2 |
| 4.4 低附路面通行 | 2 |
| 4.5 通讯终端应急 | 3 |
| 5 测试要求 | 3 |
| 5.1 低温启动测试 | 3 |
| 5.2 续航衰减测试 | 3 |
| 5.3 感知失效验证 | 3 |
| 5.4 低附路面通行验证 | 4 |
| 5.5 通讯中断测试 | 4 |
| 6 测试场地要求 | 4 |
| 6.1 环境模拟能力 | 4 |
| 6.2 设施与功能 | 4 |
| 7 测试相关车辆要求 | 5 |

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。

本文件由中国生产力促进中心协会提出并归口。

本文件主要起草单位：

本文件主要起草人：

寒区环境下自动驾驶货运车辆通用 技术规范

1 范围

本文件规定了寒区环境下自动驾驶货运车辆通用技术规范，包括自动驾驶货运车辆在低温启动、续航衰减、感知失效、低附路面通行、通信中断等核心问题。

本文件适用于在寒区（冬季平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 、积雪深度 $\geq 10\text{cm}$ 、结冰期 ≥ 4 个月的区域）运行的 L2 及以上自动驾驶功能的N类汽车，其他类型可参照执行。

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 38031-2025 电动汽车用动力蓄电池安全要求（新增底部撞击测试、快充循环后安全测试）
T/CSAE 150-2020 道路车辆复杂电磁环境适应性要求和试验方法
T/CSAE091-2022 智能网联汽车特殊环境自动驾驶功能场地试验方法及要求
ISO 16750-4:2007 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第 4 部分：气候负荷

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

寒区环境 Cold region environment

冬季平均气温 $\leq -10^{\circ}\text{C}$ 、积雪深度 $\geq 10\text{cm}$ 、结冰期 ≥ 4 个月的区域。

3.2

低温启动性能 Low temperature start-up performance

车辆在 -30°C 及以下环境温度下的启动能力，包括发动机/电驱系统预热时间、电池放电效率等指标。

3.3

续航衰减率 Range degradation rate

低温环境下（ -20°C 、 -30°C ）车辆实际续航里程与标准工况续航里程的百分比差值。

3.4

感知失效冗余 Perceived Failure Redundancy

主传感器（如激光雷达、摄像头）失效时，备用传感器在 200ms 内完成切换并维持环境感知的能力。

3.5

低附路面通行 Low attached road surface traffic

低附路面为摩擦系数小于0.3的路面，测试车辆在冰面、雪面等附着系数低的低附路面行驶、制动等通行能力。

3.6

通讯中断应急响应 Emergency response to communication interruption

5G 通信中断后，车辆通过本地存储路径及备用通信方式（如卫星通信）实现安全泊车或自主行驶的能力。

4 技术要求

4.1 低温启动性能

4.1.1 硬件设计

4.1.1.1 发动机/电驱系统：

柴油发动机预热塞需在 10 秒内完成预热，启动后怠速稳定性偏差 $\leq\pm 50\text{rpm}$ ；电机控制器通过 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ 高低温冲击试验，低温启动扭矩损失 $\leq 15\%$ 。

4.1.1.2 电池系统：

采用低温型锂电池或钠电池， -25°C 放电容量 \geq 额定容量的 70%，配备 5kW 以上电池预热功能，预热时间 ≤ 10 分钟。电池管理系统（BMS）需动态补偿温度对输出功率的影响，确保 -25°C 启动时间 ≤ 60 秒。

4.1.1.3 辅助系统

空调系统需在启动后 5 分钟内将驾驶舱温度提升至 10°C 以上，采用 PTC 加热与热泵结合的复合制热方案。

4.1.2 软件优化

4.1.2.1 启动流程需集成环境温度检测，自动切换低温启动模式，优先启用预热系统。

4.1.2.2 软件在 -25°C 环境下启动时间 ≤ 60 秒，算法响应延迟 $\leq 200\text{ms}$ 。

4.2 续航衰减控制

4.2.1 电池管理

4.2.1.1 在 -20°C 环境下，电池系统续航衰减率 $\leq 25\%$ ； -25°C 时衰减率 $\leq 35\%$ 。BMS 需实现单体电池温差 $\leq 2^{\circ}\text{C}$ ，并支持远程实时监测电池健康状态（SOH）。

4.2.1.2 采用多模热管理系统，结合电池预热与能量回收联动，确保 -20°C 时制动能量回收效率 $\geq 30\%$ ，并利用回收能量为电池预热。

4.2.2 能量回收

优化动力系统能量分配策略，在 -20°C 环境下，驱动系统能耗占比 $\geq 83\%$ ，空调等辅助设备能耗占比 $\leq 17\%$ 。

4.3 感知失效冗余

4.3.1 传感器设计

4.3.1.1 激光雷达

具备自动除雪、除冰功能，积雪覆盖厚度 $\leq 5\text{cm}$ 时，点云密度 ≥ 200 点 / m^2 。钛合金支架低温收缩率 $\leq 0.01\%/^{\circ}\text{C}$ ，并通过 -25°C 温度循环测试。

4.3.1.2 摄像头

支持红外或热成像功能， -25°C 环境下图像分辨率 $\geq 1920\times 1080$ ，帧率 $\geq 30\text{fps}$ 。镜头内置 PTC 加热膜，30 秒内将镜片温度从 -20°C 提升至 5°C 。

4.3.2 冗余架构

4.3.2.1 采用多传感器融合方案（激光雷达 + 摄像头 + 毫米波雷达），主传感器失效时，备用传感器需在 200ms 内完成切换。

4.3.2.2 配备独立的环境感知冗余控制器，支持传感器数据交叉校验，误报率 $\leq 0.1\%$ 。

4.4 低附路面通行

4.4.1 制动性能

4.4.1.1 雪面制动：

在压实雪面（附着系数 0.2-0.3）以 60km/h 初速制动，商用车 $\leq 45\text{m}$ 。

4.4.1.2 冰面制动:

在干冰面（附着系数 0.1-0.15）以 30km/h 初速制动，商用车 \leq 25m。

4.4.1.3 对开路面制动:

在高附（0.6-0.75）与低附（0.1-0.15）对开路面以 50km/h 初速制动，车辆横向偏移量 \leq 1.5m，车身姿态稳定。

4.4.2 加速与爬坡性能

4.4.2.1 雪面加速

从 0 加速至 40km/h 时间 \leq 12s（商用车）。

4.4.2.2 爬坡能力

在 20% 坡度的压实雪面，车辆需在 3 次内成功起步并完成爬坡，无打滑或动力中断。

4.4.3 转向稳定性

4.4.3.1 雪面操控

在雪面操控道（半径 \geq 100m）以 40km/h 速度完成定圆测试，横向加速度 \geq 0.3g，车身侧倾角度 \leq 8°。

4.4.3.2 冰面转向

在冰面圆环道（半径 \geq 80m）以 30km/h 速度转向，方向盘最大转角 \leq 360°，无明显侧滑

4.5 通讯终端应急

4.5.1 通信系统

4.5.1.1 车路协同（V2X）

5G 通信模块需通过 -25℃低温测试，通信延迟 \leq 50ms，丢包率 \leq 0.5%。

支持北斗 + GPS 双模定位，定位精度 \leq 10cm（无差分），在通信中断时可维持定位 \geq 10 分钟。

4.5.1.2 本地存储

预存高精地图（精度 \leq 5cm）及应急路径规划数据，支持通信中断后自主行驶 \geq 30 公里。

4.5.2 应急策略

4.5.2.1 通信中断时，车辆需在 1 秒内触发声光报警，并自动切换至本地路径规划模式。

4.5.2.2 若 30 分钟内通信未恢复，车辆需在安全区域自动泊车启动远程监控，并通过卫星通信发送位置信息。

5 测试要求

5.1 低温启动测试

5.1.1 封闭测试场测试

将车辆置于 -25℃封闭测试场场景，测试启动时间、电池放电效率及电机扭矩输出。要求启动时间 \leq 60 秒，电池放电容量 \geq 额定容量的 70%，电机扭矩损失 \leq 15%。

5.1.2 实车路测

在寒区真实路况场景进行 10 次连续启动试验，记录启动成功率及预热系统能耗。要求启动成功率 \geq 95%，预热能耗 \leq 5kW·h/次。

5.2 续航衰减测试

5.2.1 动态工况测试

在 -20℃封闭测试场下模拟城市工况、高速等场景，测试实际续航里程及能量回收效率。要求续航衰减率 \leq 25%，能量回收效率 \geq 30%。

5.2.2 电池循环测试

在 -25℃环境下对电池进行 300 次充放电循环，验证电池容量保持率 \geq 85%。

5.3 感知失效验证

5.3.1 传感器冗余测试

模拟激光雷达积雪覆盖（厚度 $\leq 5\text{cm}$ ）、摄像头结冰等故障场景，测试备用传感器识别率及切换时间。要求备用传感器识别率 $\geq 95\%$ ，切换时间 $\leq 200\text{ms}$ 。

5.3.2 算法鲁棒性测试

运用 CarSim 等软件模拟低能见度（ $\leq 50\text{m}$ ）、逆光扬雪等场景，验证多传感器融合算法的识别率。要求算法识别率 $\geq 98\%$ ，误报率 $\leq 0.1\%$ 。

5.4 低附路面通行验证

5.4.1 制动性能测试

- a) 雪面制动：在长度 $\geq 500\text{m}$ ，宽度 $\geq 20\text{m}$ 的压实雪面，车辆空载，以 60km/h 初速紧急制动，记录制动距离及减速度，重复测试 3 次，取平均值。
- b) 冰面制动：在长度 $\geq 80\text{m}$ ，宽度 $\geq 20\text{m}$ ，冰面厚度 $\geq 30\text{mm}$ 的冰面，车辆空载，以 30km/h 初速制动，记录制动距离及滑移率，测试 3 次，取最小值。

5.4.2 加速与爬坡测试

- a) 雪面加速：在长度 $\geq 500\text{m}$ 的雪面车辆从静止全油门加速至 40km/h ，记录加速时间，测试 3 次，取最优值。
- b) 爬坡测试：在 20% 坡度的坡道，车辆空载，从坡底起步，3 次内完成爬坡，记录起步时间及动力输出稳定性。

5.4.3 转向稳定性测试

- a) 雪面操控：在雪面操控道（总长 1000m ，宽度 6m ），设置连续弯道及变向区域，以 40km/h 速度极限驾驶，记录单圈时间及横摆角速度，主观评价转向精准度。
- b) 冰面转向：在冰面圆环道（半径 80m ），冰面温度 $-10^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ ，车辆以 30km/h 匀速转向，记录方向盘转角及车身侧滑量，测试 3 次，取平均值。

5.5 通讯中断测试

5.5.1 5G 稳定性测试

在 -25°C 封闭测试场内测试通信模块延迟、丢包率及抗干扰能力。要求通信延迟 $\leq 50\text{ms}$ ，丢包率 $\leq 0.5\%$ ，抗干扰能力符合 GB/T 38145 要求。

5.5.2 应急路径规划测试

通讯中断状态下，验证车辆自主行驶至安全区域的能力。要求路径偏差 $\leq 20\text{cm}$ ，泊车精度 $\leq 30\text{cm}$ 。

6 测试场地要求

6.1 环境模拟能力

6.1.1 温度模拟

测试场地需具备模拟 -25°C 及以下低温环境的能力，温度控制精度 $\leq \pm 2^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 路面条件模拟

设置多种寒区典型路面：

- a) 冰面：摩擦系数 $\mu = 0.1 \sim 0.15$ ，面积 $\geq 1000\text{m}^2$ 。
- b) 压实雪面：摩擦系数 $\mu = 0.2 \sim 0.3$ ，积雪厚度 $\geq 10\text{cm}$ ，面积 $\geq 2000\text{m}^2$ 。

注：路面材质需真实模拟寒区实际路况，具备相应的摩擦系数和附着特性。

6.1.3 天气模拟

具备模拟降雪（降雪量 $\geq 5\text{cm/h}$ ）、强风（风速 $\geq 10\text{m/s}$ ）等恶劣天气的能力，可调节参数以测试车辆在复杂天气下的性能。

6.2 设施与功能

6.2.1 高精度地图与定位设施

全场区部署厘米级高精度地图，配套差分定位系统，定位精度 $\leq 10\text{cm}$ 。

6.2.2 5G 通信覆盖

实现 5G 信号全场覆盖，通信延迟 $\leq 50\text{ms}$ ，支持车路协同测试。

6.2.3 测试辅助设施

配备传感器校准设备、车辆检测维修工具、数据采集与分析系统，以及防撞护栏、缓冲装置等安全防护设施。

7 测试相关车辆要求

7.1 从事道路货物运输经营的自动驾驶汽车原则上随车配备安全员。安全员应当接受自动驾驶汽车技术和所从事相关运输业务培训，熟练掌握道路交通安全法律法规的规定、不同级别自动驾驶系统操作技能，熟知自动驾驶汽车运行线路情况，具备紧急状态下接管车辆等应急处置能力。自动驾驶汽车的自动驾驶功能变更或更新升级后，自动驾驶运输经营者要及时加强对安全员在岗培训，确保其及时掌握新功能、新技术、新要求。安全员应符合交通运输领域从业人员管理相关规定和要求，取得相应业务类别的从业资格。

7.2 试验车辆应满足以下人机交互要求：

- a) 自动驾驶模式的开启和关闭便于人工操作；
 - b) 系统状态及人机转换过程提示信息清晰可见。
-